

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О. В. Гондляр
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

на тему: «Трубний млин з модернізацією барабану»

Виконав:
студент VI курсу, групи ЛП-71мп
Цибульський Олександр Олександрович _____

Керівник:
Лелека Сергій Володимирович _____

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Спеціалізація – Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«___» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Цибульський Олександр Олександрович

1. Тема дисертації «Трубний млин з модернізацією барабану»,
науковий керівник дисертації Лелека Сергій Володимирович, с.н.с, к.т.н.,
затверджені наказом по університету від « 12 » 11 . 2018 р. № 4139-с

2. Термін подання студентом дисертації 12.12.2018

3. Об'єкт дослідження Трубний млин

4. Вихідні дані

Внутрішній діаметр барабана, м

$D_0=4$

Довжина барабана, м

$L_0=13,5$

Товщина обичайки барабана, м

$\delta = 0,05$

Число обертів млина, об/хв

$N=16,667$

Ступінь розвантаження тілами, що мелють

$\varphi = 0,3$

Середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м³

$\gamma = 45,6$

Середній розмір часток до подрібнення, мм

$d_n=12$

Середній розмір часток після подрібнення, мкм

$d_k=12$

Відстань між осями підшипників, м

$L = 14,7$

Маса кульового завантаження, т

$m_{ш} = 210$

Маса корпусу з футеровкою, загрузочною та розвантажувальною частинами і діафрагмою, т

$m_k = 202437$

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої (розроблюваної) конструкції

Автоматична система управління

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Стартап-проект

Параметричний розрахунок

Розрахунок на міцність

Розрахунок модернізованої конструкції трубного млина за допомогою обчислювальних систем

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

ЛП71мп.123123.000-70ВЗ – Трубний млин з модернізацією барабану

ЛП71мп.123122.001-70СК – Барабан

ЛП71мп.123122.002-70СК – Привід

ЛП71мп.123122.003-70СК – Модернізація барабану трубного млина

ЛП71мп.123122.004-70СК – Розвантажувальна частина

ЛП71мп.123122.005-70СК – Проміжне з'єднання

ЛП71мп.123122.006-70СК – Модернізація барабану трубного млина

ЛП71мп.123122.007-70 – Автоматизація трубного млина

ЛП71мп.123120.008-70РР - Розрахунок напружено-деформованого стану модернізованої конструкції трубного млина

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		
Монтаж та експлуатація	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання _____

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація включає текстову і графічну частину. Текстова частина має 3 розділи і додатки, загальний обсяг – ____ сторінки, ____ рисунків, ____ таблиці, ____ додатків ____ літературних джерел. Графічна частина містить дев'ять креслень (загальний обсяг – вісім листів креслень А1, один плакат з результатами розрахунків А1).

Об'єкт розробки – трубний млин з модернізацією барабану.

Мета роботи – дослідження діючих трубних млинів, визначення їх основних недоліків та їх усунення. Для вирішення поставленої задачі проведено патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації та провести конструкторську розробку модернізованого вузла.

При проектуванні модернізованого трубного млина виконане наступне:

- 1 Вивчено принцип роботи і конструкцію трубних млинів, проаналізовано їх технічні параметри і характеристики.
- 2 З метою позбавлення визначених недоліків трубного млина і виконання модернізації барабану проведено літературно-патентний огляд питання, та визначено раціональне технічне рішення для вдосконалення конструкції.
- 3 Виконано ряд інженерних розрахунків, які дали змогу підтвердити працездатність конструкції.
- 4 Виконано розробку стартап-проекту.

Результати дипломного проекту можуть бути впроваджені на підприємствах, які розробляють і виготовляють обладнання для виробництва будівельних матеріалів (зокрема – трубні млини).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРУБНИЙ МЛИН, БАРАБАН, ПОДРІБНЕННЯ, ПОМЕЛ, РОЗРАХУНКИ.

ABSTRACT

Master's dissertation includes the textual and graphical parts. Textual one has three sections and applications, total number of pages ___, ___ figures, ___ applications, ___ literature references. The graphical part contains nine drawings (total of eight drawing sheets A1, one poster with the results of calculations).

The object of development – tube mill with modernization of drum.

The purpose of the project – a study of existing tube mills, determining their major disadvantages and their elimination. To solve this problem patent search was made, which allowed us to determine the direction of modernization and conduct design development of the upgraded node.

The following steps were made in the design of the tube mill:

1 Studying the working principle and design of the tube mills, analyzing their technical parameters and characteristics.

2 Getting rid of the identified disadvantages of the tube mill and making the modernization of the drum, literary review of patent issues was held and a rational technical solution for improving the design was determined.

3 Executing a number of engineering calculations that made it possible to confirm the efficiency of the construction.

4 Completed development of the startup project.

The results of the diploma project can be implemented in companies that develop and manufacture equipment for the production of building materials (including tube mills).

KEYWORDS: TUBE MILL, DRUM, GRINDING, MILLING, CALCULATIONS.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация включает текстовую и графическую часть. Текстовая часть составляет три раздела и приложения, общий объем – ____ страниц, ____ рисунков, ____ таблицы, ____ приложений, ____ литературных источников. Графическая часть содержит девять чертежей (общий объем – восемь листов чертежей А1, один плакат с результатами расчетов).

Объект разработки – трубная мельница с модернизацией барабана.

Цель работы – исследование действующих трубных мельниц, определение их основных недостатков и их устранения. Для решения поставленной задачи проведен патентный поиск, который позволил определить направление модернизации и провести конструкторскую разработку модернизированного узла.

При проектировании модернизированной трубной мельницы выполнено следующее:

- 1 Изучены принципы работы и конструкция трубных мельниц, проанализированы их технические параметры и характеристики.
- 2 В целях исправления определенных недостатков трубной мельницы и выполнения модернизации барабана проведен литературно-патентный поиск, и определено рациональное техническое решение для усовершенствования конструкции.
- 3 Выполнен ряд инженерных расчетов, которые позволили подтвердить работоспособность конструкции.
- 4 Выполнено разработку стартап-проекта.

Результаты дипломного проекта могут быть внедрены на предприятиях, которые разрабатывают и производят оборудование для производства строительных материалов (в частности – трубные мельницы).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРУБНАЯ МЕЛЬНИЦА, БАРАБАН, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ПОМОЛ, РАСЧЕТЫ.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

E – модуль пружності (MH/m^2);

σ – границя міцності на стиснення (MH/m^2);

ρ – об'ємна маса (T/m^3);

D_0 – внутрішній діаметр барабану (m);

L_0 – довжина барабану (m);

n – частота обертання барабана (об/хв);

D – зовнішній діаметр барабана (m);

L – довжина камери (m);

$D_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи (m);

V – об'єм камер (m^3);

$m_{\text{мол}}$ – маса молольних тіл (T);

$\rho_{\text{мол}}$ – об'ємна маса молольних тіл (T/m^3);

μ – коефіцієнт порожнистості завантаження;

$\Pi_{\text{р}}$ – продуктивність млина ($T/\text{год}$);

N – потужність двигуна урухомника (kBt);

G – сила тяжіння маси завантаження (H);

P – центробіжна сила інерції маси завантаження (MH);

$M_{\text{н}}$ – максимальний згинальний момент ($H \cdot m$);

W – момент опору корпусу (m^3);

$\sigma_{\text{зг}}$ – напруга від вигину цапфи ($M\text{Па}$).

ЗМІСТ

Вступ		3
1	Призначення, галузь застосування виробу який проектується	4
2	Технічна характеристика базової машини	5
3	Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії	6
4	Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої (розроблюваної) конструкції	14
5	Автоматична система управління	24
5.1	Опис технологічного процесу в трубному млині	24
5.2	Вибір системи автоматизації	25
5.3	Розробка функціональної схеми автоматизації в сушильному барабані	28
5.4	Опис функціональної схеми автоматизації	28
5.5	Специфікація засобів автоматизації	31
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	33
6.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів	33
6.2	Повітря робочої зони	34
6.3	Електробезпека	37
6.4	Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються	40
6.5	Шум	40
6.6	Вібрації	41
6.7	Промислове освітлення	42
6.8	Пожежна безпека	42
7	Стартап-проект	44
7.1	Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)	44
7.2	Технологічний аудит ідеї проекту	45

					<i>ЛП71мп.123123.01- 70ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Цибульський</i>				<i>Трубний млин з модернізацією барабану</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркцш</i>
<i>Перевір.</i>							<i>Аркцшів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Лелека С.В.</i>						<i>1</i>
<i>Н. Контр.</i>						<i>НТУУ «КПІ»</i>	
<i>Затв.</i>	<i>Гондлях О.В.</i>						
							<i>68</i>

7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	46
7.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	59
7.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	62
7.6 Висновки з розділу	64
Висновки	65
Перелік посилань	66
Додаток А Специфікації машини та вузлів	68
Додаток Б Перелік розглянутих патентів	77

ВСТУП

Основною тенденцією розвитку сучасного виробництва є збільшення його економічної ефективності як завдяки удосконаленню систем управління, маркетингу так і завдяки удосконалюванню виробництва на базі наукових і дослідно-конструкторських розробок.

Одним з найпростіших способів збільшення ефективності виробництва є нарощування його обсягів. Але нажаль, в умовах не до кінця налагодженої економічної системи країни, без можливості прогнозування стабільності ринку на роки вперед, нарощування обсягів виробництва найчастіше приводить до переповнення ринку, що завдає значних збитків виробнику від зупинки виробництва. Саме тому особливо актуальними стає збільшення ефективності виробництва завдяки застосуванню енергозберігаючих технологій.

Основна маса цементних заводів країн СНД, працюють по мокрому способі виробництва цементу і орієнтовані на дешеве паливо. Постійне збільшення ціни на газ завдає значних збитків таким підприємствам, але перепрофілювання заводів не може бути проведене із за високої вартості, сумірній вартості нового підприємства. Ситуація усугубляється тим, що на заводах задіяна велика кількість устаткування, що характеризуються далеко не найвищими показниками ефективності. До такого устаткування відносяться трубні кульові млини, що застосовуються для помелу і усереднення шламу на стадії підготовки сировини і на кінцевій стадії – помелу цементного клінкера.

Трубні кульові млини прості в конструкції і роботі, добре зарекомендували себе в нашій країні і за кордоном, як надійне та продуктивне устаткування. Однак, процес помелу вимагає великих енерговитрат – 34-45 кВт×ч/т, і загалом в світі на подрібнення матеріалів витрачається до 30% всієї електроенергії, що виробляється. А отже задача збільшення енергетичної ефективності кульових млинів є напрочуд актуальною.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ, ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Одним з найважливіших технологічних процесів майже на будь якому виробництві є подрібнення матеріалів, до часток різної величини. Подрібнення матеріалів застосовується в вугільній, металургійній, будівельній промисловості, на збагачувальних підприємствах, дробильно-класифікуючих заводах, підприємствах енергетичного комплексу і т.д.

Одним із видів подрібнення матеріалу є помел, коли вихідний розмір часток матеріалу може дорівнювати десятим долям міліметра.

Однією з найбільш розповсюджених в сучасному виробництві машин для помелу цементу, скла, гіпсу, вапна, вугілля на теплостанціях є трубні (кульові й стрижневі) млини різної конструкції та принципу дії.

Конструкція, та принцип дії трубних кульових млинів визначається галуззю застосування, фізико-хімічними властивостями матеріалу що подрібнюється, періодичністю роботи.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Продуктивність млина	100 т/год
Діаметр барабана	4 м
Довжина барабана	13,5 м
Частота обертання млина:	
від головного двигуна	16,2 об/хв
від допоміжного	0,2 об/хв
Момент, що крутить на осі млина (розрахунковий):	
від головного двигуна	1842 кН·м
від допоміжного	2030 кН·м
Електродвигун:	
тип	СДН-20-49-48
потужність	3200 кВт
частота обертання	500 об/хв
момент що крутить	61425 Нм
Електродвигун допоміжний:	
потужність	55 кВт
частота обертання	500 об/хв
момент що крутить	534 Нм
Передатне відношення:	
головного редуктора	30,856
допоміжного редуктора	159,42
Сумарне передатне відношення:	
головного редуктора	33,474
допоміжного редуктора	5336,48
Коефіцієнт корисної дії:	
головного редуктора	0,95
допоміжного редуктора	0,91
Сумарний момент, що крутить, на осі млина ел. дв.:	
головного привода	1953,3 кНм
допоміжного привода	2588,9 кНм

3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

В барабанних млинах матеріал подрібнюється усередині порожнього обертового барабана, у який поміщуються мелючі тіла (кулі, стрижні). При обертанні барабана мелючі тіла і матеріал (надалі «завантаження») спочатку рухаються по круговій траєкторії (лівий нижній квадрант на рис. 1.1.), а потім, відриваючись від стінки, падають по параболі. Помел матеріалу здійснюється в результаті стирання при відносному переміщенні куль і часток матеріалу, а також в результаті удару куль по матеріалу при падінні з висоти [1].

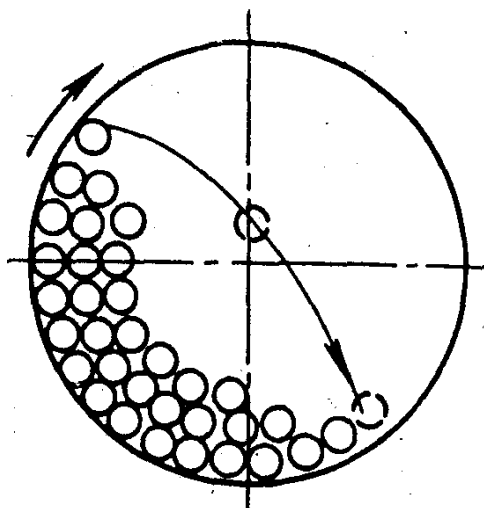


Рисунок 1.1 – Схема подрібнення матеріалу в барабанних млинах

Барабанні млини класифікують:

- по режиму роботи - періодичного (рис. 1.2., а) і безперервного (рис. 1.2., б-д) дії;
- по способу помелу - сухого й мокрого помелу;
- по способу завантаження й розвантаження матеріалів – із завантаженням і розвантаженням через люк (рис. 1.2., а), із завантаженням і розвантаженням через пустотілі цапфи (рис. 1.2., б,

д), із завантаженням через цапфу й розвантаженням крізь стінки барабана (рис. 1.2., в).

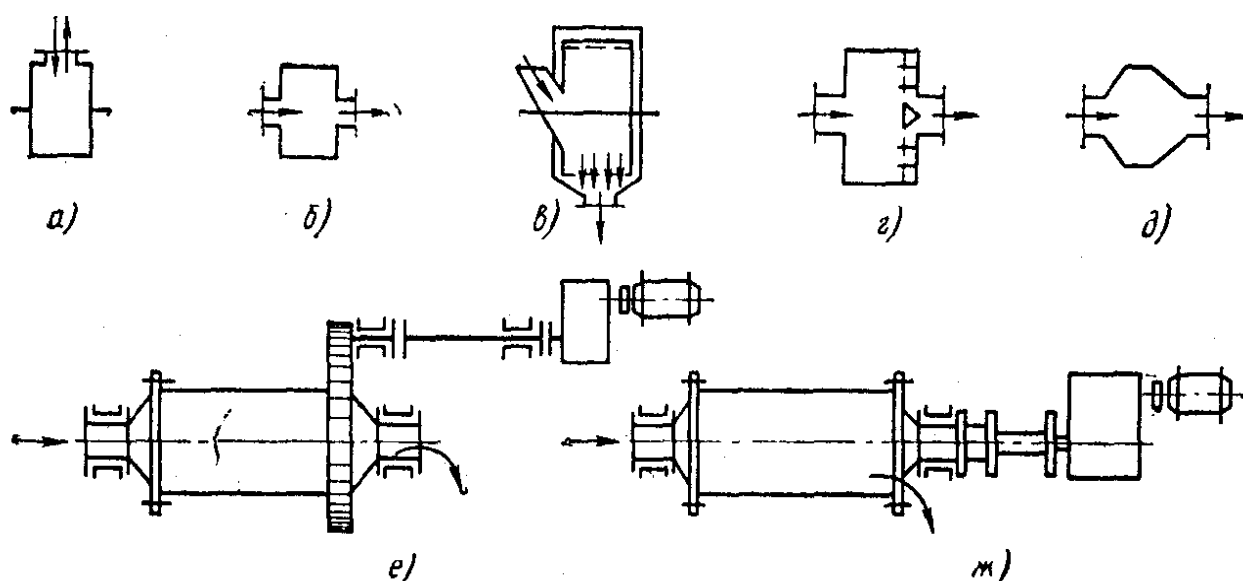


Рисунок 1.2 – Основні схеми барабанних млинів

Барабан млина приводиться в обертання через зубчастий вінець (рис. 1.2., е) або через центральну цапфу (рис. 1.2., ж).

Барабанні млини можуть працювати у відкритому або замкнутому циклі. В останньому випадку виведений із млина матеріал, піддається сортуванню (сепарації) і великі частки (негабарит) вертаються в млин на домелення. При такій схемі роботи матеріал, здрібнений до необхідного розміру часток, безупинно видаляється з млина, що підвищує ефективність її роботи [1].

Млини періодичної дії застосовують для помолу матеріалів, що важко подрібнюється (у керамічній, інструментальній і іншій промисловості).

Продуктивність млинів визначається їхнім обсягом і тривалістю помолу, що залежать від виду матеріалу й тонкості помолу. Питоме завантаження млинів становить 0,35–0,45 об'єму барабана.

Конструкція млина складається з наступних основних вузлів (рис. 1.3):

- сталевий зварений барабан (рис. 1.3.,поз.1)., що зсередини футерований бронеплитами;
- привід млина (рис. 1.3.,поз.2);

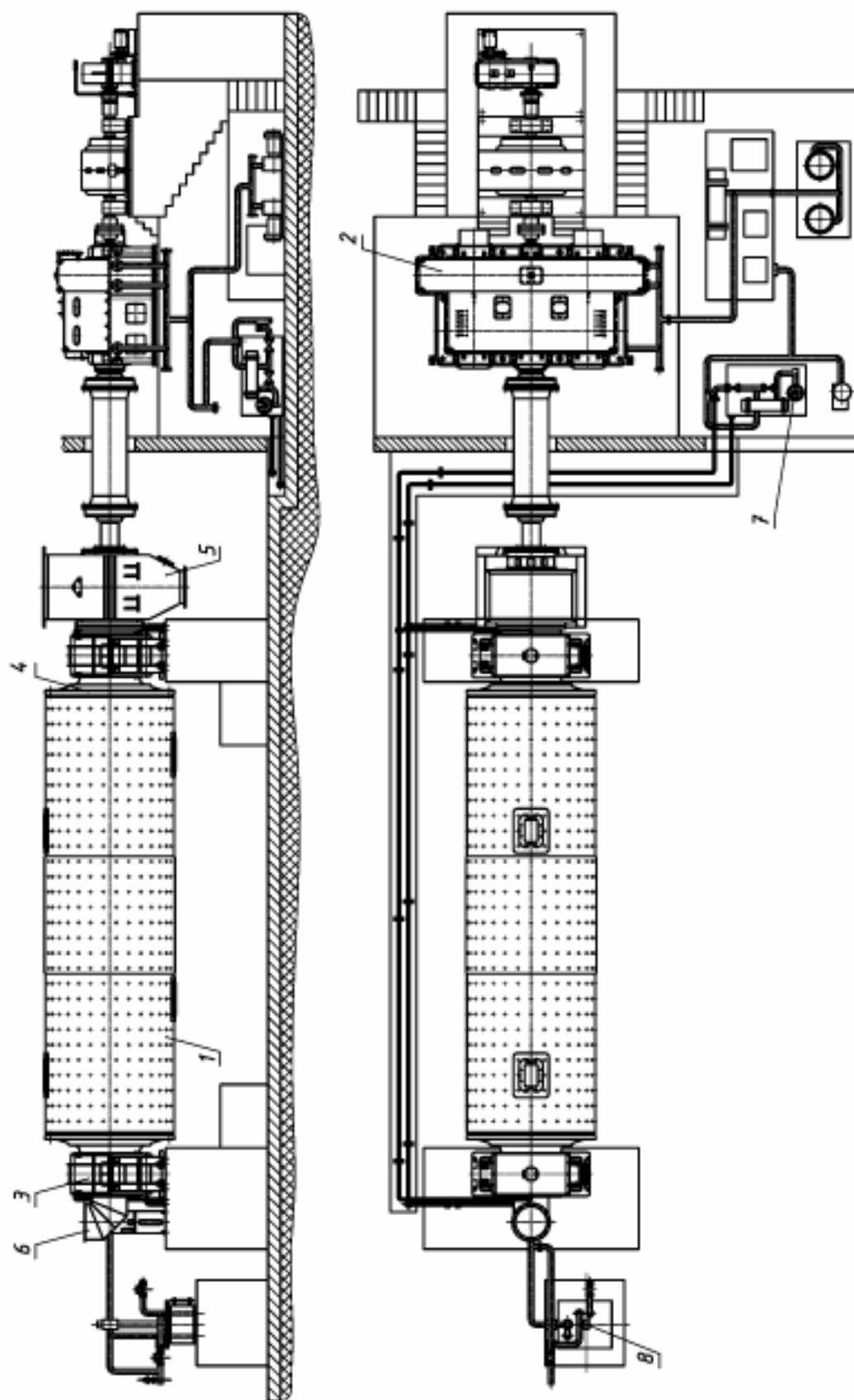


Рисунок 1.3 – Трубний млин (пояснення в тексті)

- корінні підшипники ковзання (рис. 1.3.,поз.3);
- розвантажувальна частина (рис. 1.3.,поз.4);
- розвантажувального бункера (рис. 1.3.,поз.5);
- завантажувальна частина (рис. 1.3.,поз. 6);
- система змащування та охолодження (рис. 1.3.,поз.7);
- система подачі ПАМ (рис. 1.3.,поз.7);
- система автоматичного керування.

В процесі роботи матеріал елеваторами подається в приймач завантажувальної частини млина (завантажувальний пристрій). Далі з допомогою шнека через завантажувальну цапфу матеріал транспортується в барабан. По дорозі до барабана в матеріал може добавлятися вода, ПАМ та інші добавки. В барабані матеріал за допомогою мелючих тіл подрібнюється і частки допустимого розміру виходять через діафрагму в розвантажувальну цапфу, де з допомогою шнека доставляються в розвантажувальний бункер, в якому знаходяться класифікуючі сита. Відсортований матеріал елеваторами транспортується в зону збереження.

Розглянемо основні частини млина.

Барабан

Барабан є головним вузлом млина. Він складається з корпусу, що представляє собою сталеву зварену конструкцію. Після зборки барабан являє собою нероз'ємну конструкцію. У корпусі знаходяться люки, які закриваються кришками [2].

Внутрішня поверхня барабана облицьовується футеровкою, що складається з броньових плит. Броньові плити мають спеціальні впадини для сполучення зі змінними ліфтерами (рис 1.4).

Залежно від умов роботи й типів млинів застосовують наступні профілі броньових плит: ступінчасті (рис. 1.4, а), хвилясті з болтовим (рис. 1.4, б) і без болтовим кріпленням (рис. 1.4, в), каблучкові (рис. 1.4, г). Останні відрізняються не тільки підвищеною зносостійкістю, але й підвищеним

зчепленням з матеріалом. Конструкція плит повинна забезпечувати легку заміну броньових плит. Для зниження шуму між корпусом і плитами укладають гумові прокладки.

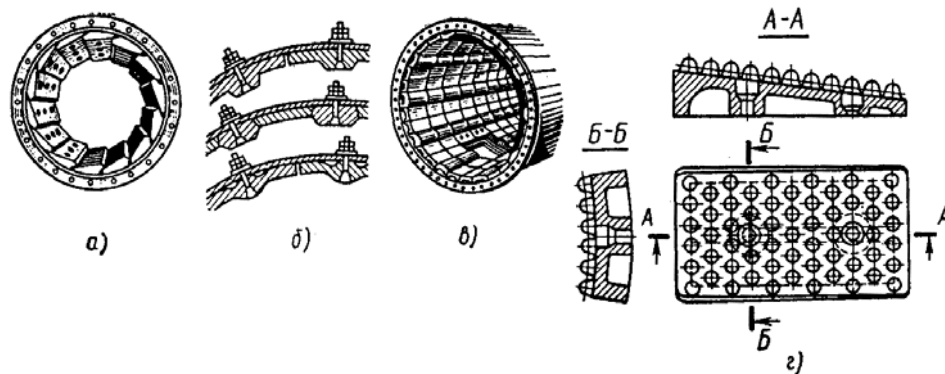


Рисунок 1.4 – Броньові плити

Кріплення бронеплит здійснюється болтами з потайними голівками. Для ущільнення болтових з'єднань використовуються кільця з технічної гуми, а також спеціальні шайби.

До корпусу барабана прикріплені опорні цапфи, за допомогою яких він встановлюється в корінні підшипники.

Завантажувальна частина

Завантажувальна частина складається з завантажувального пристрою, пустотілої цапфи та трубошнека.

Подача сировини в млин здійснюється через завантажувальний пристрій, що являє собою патрубок звареної конструкції. Для запобігання від зносу його внутрішня поверхня облицьована бронеплитами, а в нижній його частині встановлені поперечні ребра. Запобігання від зносу нижнього краю на виході здійснюється за допомогою порожку у вигляді смуги, що легко замінюється у випадку зносу. Фіксація пристрою у визначеному положенні здійснюється двома рейками [2].

Сполучення завантажувального пристрою з цапфою виконано з зазором 10 мм. Загрузочна цапфа для запобігання зносу футерована бронею, а встановлений в ній шнек сприяє прискоренню подачі матеріалу в млин.

Розвантажувальна частина

В вузол розвантажувальної частини входять секторні грати і футеровка гратів, пустотіла цапфа, шнек та двоступінчата бутара.

Щілини в гратах мають клиноподібну форму. Розвантажувальна цапфа для запобігання зносу футерована бронею, встановлений в ній шнек сприяє прискоренню видалення матеріалу із млина.

Розвантаження матеріалу відбувається через двоступінчасту бутару, перша ступінь якої розміщена всередині втулки розвантажувальної цапфи, друга виступає назовні. Ступені мають отвори різних діаметрів [2].

Корінні підшипники

Опорами барабана служать два корінні підшипники. Підшипник розвантажувальної частини зазнає, як радіальні так і осьові навантаження через наявність ударних бортів на цапфі розвантажувальної частини. Другий підшипник зазнає тільки радіальні зусилля. Обидва підшипники кріпляться в стопорні і фундаментні плити.

Нижня опорна частина підшипників має шарову поверхню, що дозволяє компенсувати неточність монтажу і рівномірно розподіляти навантаження по робочій поверхні. Внутрішні порожнини, на які спираються цапфи, мають бабітовий залив.

У нижній частині корпусу підшипника є канали, що зменшують його вагу і можуть бути використані для охолодження водою.

Змащення підшипників – рідинне, циркуляційне. Контроль подачі змащення ведеться за допомогою приладів. Мастило відводиться по спеціальним каналам. Для контролю температури в корпусі підшипника розміщений термосигналізатор [1].

Ущільнення підшипника – повстяне. Для скидання мастила цапфи мають маслоскидаючі гребінці.

Привід

Центральний привід призначений для роботи млина в робочому режимі, він складається з проміжного з'єднання, головного редуктора, пружної муфти та головного електродвигуна. Вал електродвигуна має вихід з двох кінців: один кінець валу з'єднаний за допомогою пружної муфти з валом головного редуктора, а інший за допомогою кулачкової муфти, з валом редуктора допоміжного привода.

Допоміжний привід

Допоміжний привід призначений для обертання барабана млина при проведенні ремонтних робіт і розрахований на обертання млина з завантаженням.

Швидкість обертання барабана від допоміжного привода складає 0,2 об/хв.

Допоміжний привод складається з кулачкової муфти, циліндричного триступеневого редуктора та електродвигуна.

Допоміжний привод має пристрій, що блокує включення головного привода при приєднаному допоміжному.

Пристосування для підйому барабана

Служить для підйому барабана млина з завантаженням при ремонтних роботах.

Пристосування складається з рами звареної конструкції, чотирьох гідродомкратів, насосної установки. При підйомі повинні працювати тільки два домкрати одночасно. Після підйому барабана на 5-7 мм поршні домкратів фіксуються стопорними гайками.

Найбільша висота підйому барабана складає – 30 мм.

Слід зазначити, що спочатку включають домкрати з боку розвантаження, а потім – завантаження.

Рівень нормалізації й уніфікації

Стандартизація й уніфікація виробів забезпечує економічно оптимальну якість продукції, підвищення продуктивності праці й ефективного використання матеріальних цінностей при дотриманні правил техніки безпеки.

При проектуванні млина були максимально використані і застосовані комплекси, вузли і деталі, що можуть бути замінені подібними, при не зміненні якості продукції, що випускається [3].

Рівень стандартизації визначається коефіцієнтом застосування, $K_{пр.}, \%$:

$$K_{пр} = \frac{n - n_0}{n} \times 100\%, \quad (3.1)$$

де n – загальне число складальних одиниць у виробі;

n_0 – число складальних одиниць, розроблених для даного виробу.

Для проектового млина $n=20$, $n_0=9$

$$K_{пр} = \frac{n - n_0}{n} \times 100\% = \frac{20 - 9}{20} \times 100 = 55\%, \quad (3.2)$$

Рівень уніфікації для даного млина складає, за даними ЛТІ, 40%.

4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ (РОЗРОБЛЮВАНОЇ) КОНСТРУКЦІЇ

Як було сказано вище збільшення енергетичної ефективності кульових млинів є надзвичайно актуальною, адже витрати енергії в цих подрібнювачах дуже високі і становлять, наприклад, при помолі апатитової й фосфоритної руди близько 15 кВт т/год; в окремих випадках при помолі міцних матеріалів ця величина може бути в 5 - 10 разів більше.

Крім високих витрат енергії кульові млини характеризуються і високим зношуванням конструкційних елементів, так при роботі барабаних млинів, під впливом частих ударів, зношується футеровка, завантажувальні й розвантажувальні кришки, міжкамерна перегородка й ін., модернізацію яких доцільно було б провести.

З метою проведення модернізації млина був виконаний літературний і патентний огляд питання, тобто було переглянуто ряд винаходів і літературних джерел.

Трубний багатокамерний млин

Винахід призначений для тонкого подрібнення в трубних багатокамерних млинах [4]. Трубний багатокамерний млин (рис. 4.1, 4.2) включає змонтований на рамі корпус у вигляді барабану з конусами з торців, розділеного діафрагмами на циліндричні камери, у які поміщені тіла, що мелють, завантажувального й розвантажувального пристрою, привод, при цьому барабан орієнтований вертикально й закріплений на опорній площадці, підвішеної на гнучких зв'язках, опорна площадка з'єднана із приводом за допомогою вертикальних валів з ексцентриками й балансувальними вантажами, нижня частина барабана з'єднана з рамою гнучкими розтяжками, а завантажувальний й розвантажувальний пристрій мають гнучкі трубопроводи,

причому відношення радіусів підстав верхнього конуса становить від 1:1,1 до 1:3, нижнього конуса - від 3:1 до 1,5:1, відношення висоти циліндричної частини корпусу до її радіуса становить від 10:1 до 2:1, при цьому отвір діафрагм виконаний у вигляді конусів з розкриттям утворюючих конусів зверху донизу від 5 до 30° щодо вертикальної осі, а діаметр меншої підстави конусного отвору нижньої діафрагми обраний у межах 3...10 мм. Винахід дозволяє підвищити ефективність здрібнювання, знизити матеріалоємність, габарити й питомі енерговитрати на процес помолу.

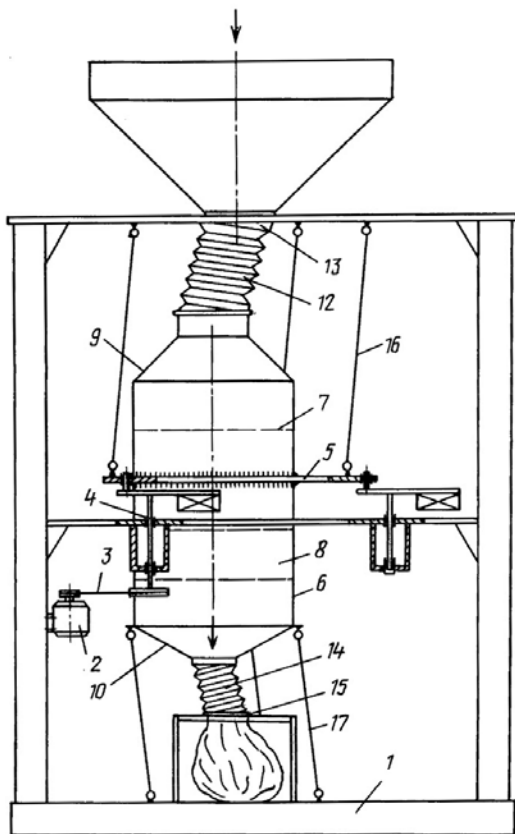


Рисунок 4.1

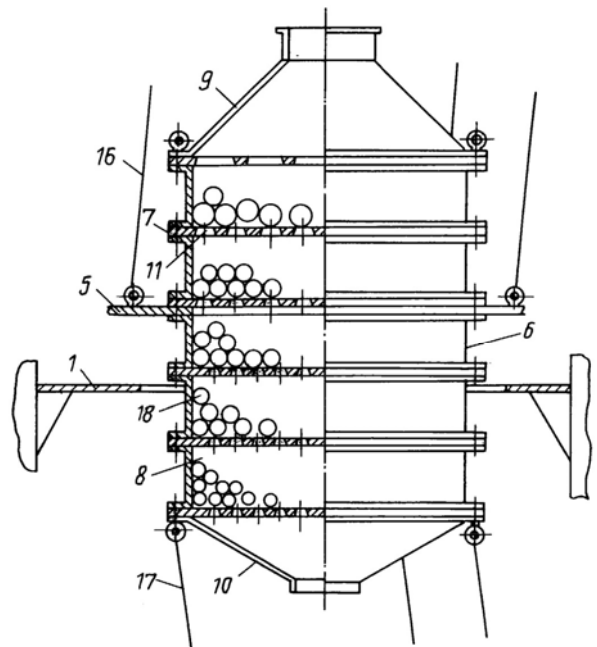


Рисунок 4.2

Трубний млин з внутрішнім класифікуючим пристроєм

Винахід [5] призначений для тонкого подрібнення твердого матеріалу при сухому способі помолу. Трубний млин (рис. 4.3, 4.4, 4.5) включає барабан, розділений на камери грубого й тонкого помолу перегородкою, завантажувальний й розвантажувальний пристрій, розвантажувальну перфоровану перегородку, трубу рецикла, відкриту з обох торців із гвинтовими

лопатами, напрямком наливки яких протилежно напрямку обертання барабана. Пристосування для подачі матеріалу в трубу рецикла виконані у вигляді ліфтерів, бічна частина кожного з яких з боку його кінця, жорстко прикріпленого до внутрішньої поверхні барабана, має отвір для проходження в порожнину ліфтера матеріалу, що подрібнює, причому для запобігання мелючі влучення тіл, усередину ліфтерів отвір закритий ґратами, які жорстко закріплені на ліфтерах. Винахід дозволяє підвищити ефективність процесу помолу.

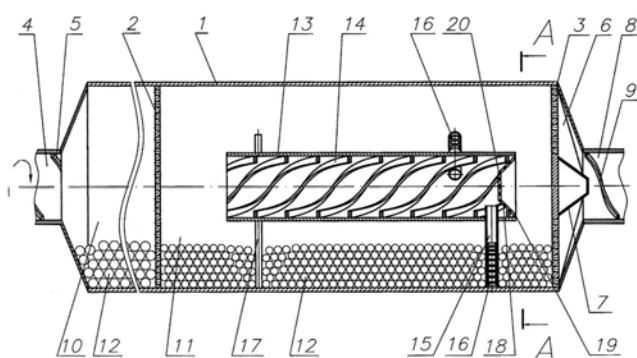


Рисунок 4.3

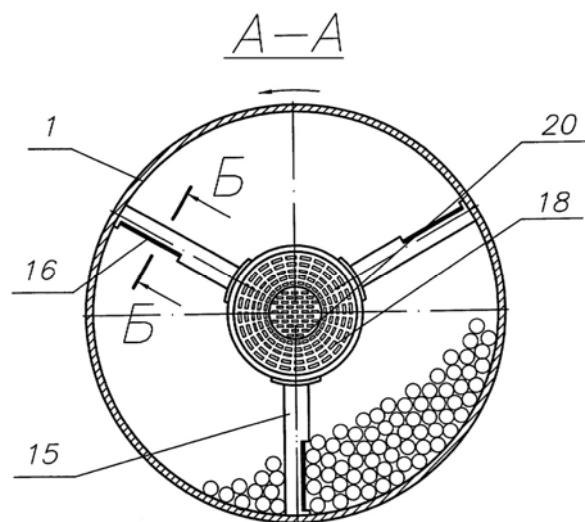


Рисунок 4.4

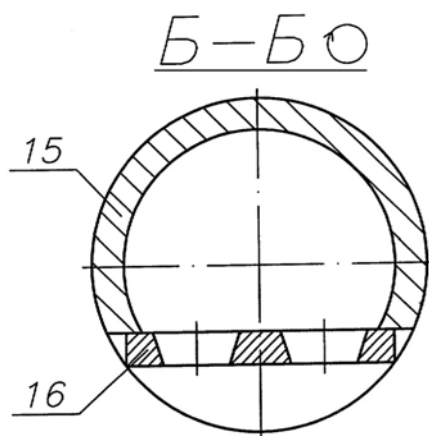


Рисунок 4.5

Трубчастий млин

Трубчастий млин [6] включає завантажувальний і розвантажувальний пристрої, корпус, футерований бронеплитами і розділений межкамерними перегородками на камери з тілами, що мелють, при цьому в камері, розташованій перед розвантажувальним пристроєм, відношення ваги тіл, що мелють до подрібнюють матеріалу складає 0,01-1,0, а довжина цієї камери дорівнює 0,5-3,0 діаметру зони подрібнення попередньої камери (рис. 4.6). Млин може бути забезпечена пристроями для регулювання подачі і вивантаження матеріалу. Винахід дозволяє знизити металоємність і підвищити ефективність процесу помелу.

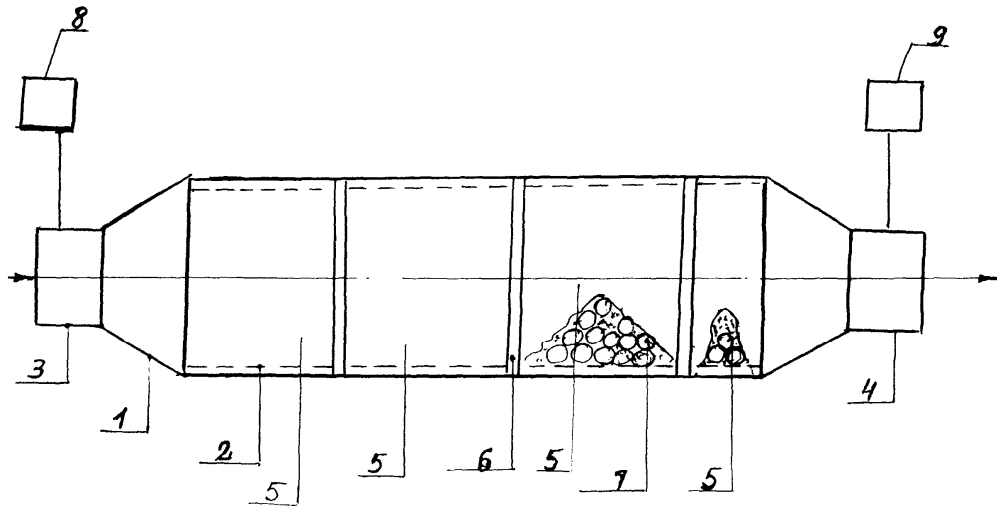


Рисунок 4.6 – Модернізація камери подрібнення

Футеровка для трубчастих шарових млинів

Винахід [7] використовується у трубних млинах для футерування торцевих кришок. Ребра на футеровочних плитах виконують хвилеподібного профілю (рис. 4.7) і розташовують паралельними рядами щодо кола корпусу млина, причому на всіх плитах ребра виконані збільшуються за висотою в напрямку від центру і периферійної частини млина назустріч один одному.

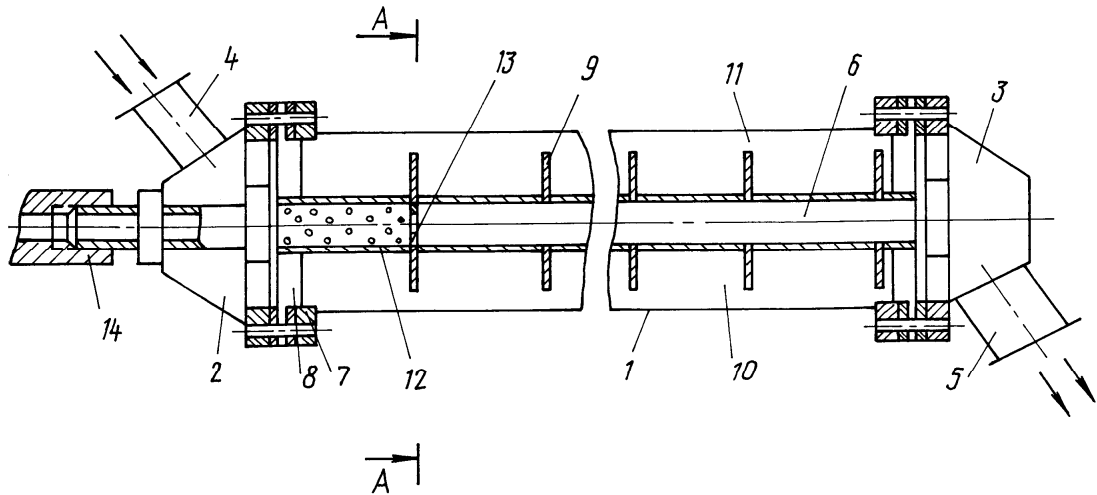


Рисунок 4.7 – Модернізація футеровки

Спосіб мокрого подрібнення та млин для його здійснення

Винахід [8] відноситься до подрібнювання матеріалу і може бути використаний в гірській, металургійній галузях промисловості.

Відомий спосіб мокрого подрібнювання матеріалів у барабанних млинах, що включає подачу в млин матеріалу, води і куль, та розвантаження подрібненого матеріалу. Недолік відомого способу міститься в низькій ефективності подрібнювання. Це обумовлено тим, що в млині існує так званий “сухий шар” кульового завантаження, який не бере участь у подрібнюванні. Тобто кульове завантаження використовується неповністю і недостатньо контактує з пульпою. Крім того при вході в шар пульпи губиться 30% кінетичної енергії кульового завантаження, тобто зменшується динамічна активність кульового завантаження. В результаті не забезпечується достатня ефективність подрібнювання матеріалу, що приводить до передрібнювання дрібних класів і недодрібнюванню великих класів.

Ціль винаходу (рис. 4.8) – підвищення ефективності подрібнювання. Поставлена мета досягається, тим що відповідно до способу мокрого подрібнювання матеріалів у барабанному млині, матеріал, що подається, у вигляді пульпи піддають поперечним коливанням. Млин обладнується пустотілими елементами відкритими з боку протилежного напрямку обертання млина і розміщеними рядами вздовж барабана з просвітами між ними.

Завдяки тому, що пульпове завантаження піддають поперечним коливанням змінюється рівень у “басейні пульпи”. Поперечні коливання інтенсифікують процес класифікації твердої фази пульпи в “басейні” млина, тобто покращується сегрегація. В результаті більш великі частки опускаються в нижні шари “басейна” і транспортуються в зону подрібнювання, а більш дрібні піднімаються у верхні шари і виводяться з зони дії куль, а потім з камери подрібнювання у вигляді зливу млина, завдяки чому запобігається передрібнювання готового по величині продукту. Знижується ошламлення матеріалу, що подрібнюється, і як наслідок, підвищується продуктивність млина.

Під час набору пульпи в пустотілі елементи її рівень у млині знижується і кулі, що падають в “басейн” пульпи, втрачають «лише» 15% кінетичної енергії, тобто зростає динамічна активність кульового завантаження.

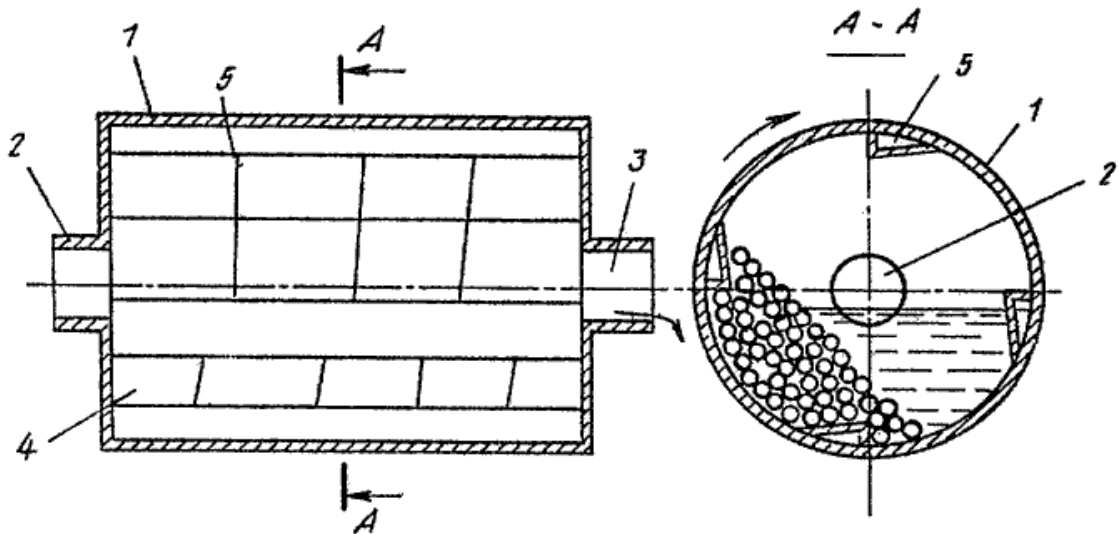


Рисунок 4.8 – Модернізація барабану млина

Винахід [9] відноситься до футеровки для трубних кульових млинів, застосовуваних в цементній, глиноземній та інших галузях промисловості і направлено на збільшення терміну служби футеровки і підвищення якості подрібнення. На рисунку 4.9 зображено повздовжній розріз футеровки трубного млина, на рис. 4.10 – вигляд збоку. Містить бронеплити 1, що утворюють всередині млина 2 ряди 3 із поверхнею у вигляді усічених конусів.

Кут підйому сходинок 4 дорівнює $6-10^\circ$, а їх бічні площини 5 нахилені до радіусу, проведеного з центру млина 1 до середини плити, на кут $35-40^\circ$.

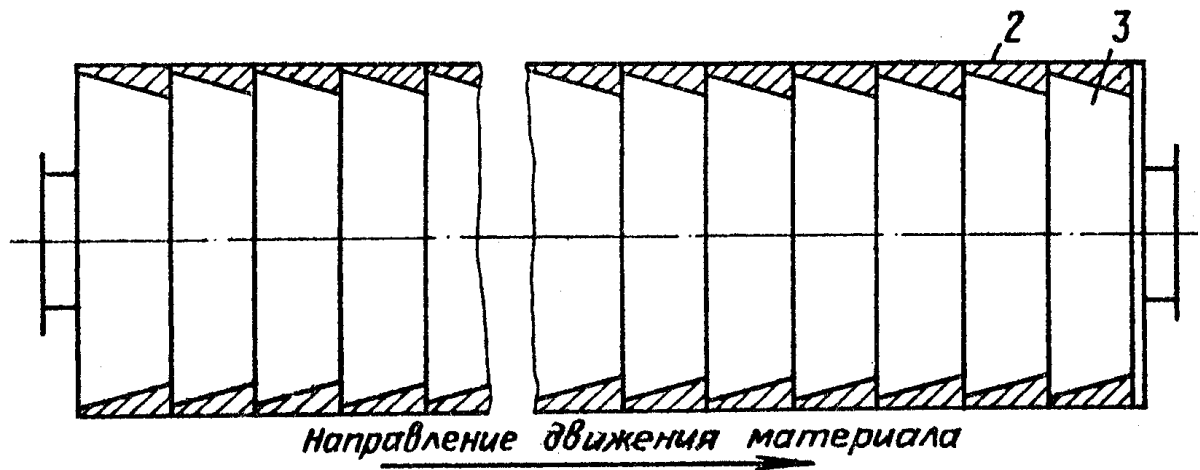


Рисунок 4.9 – Футеровка трубчастого млина, поздовжній розріз

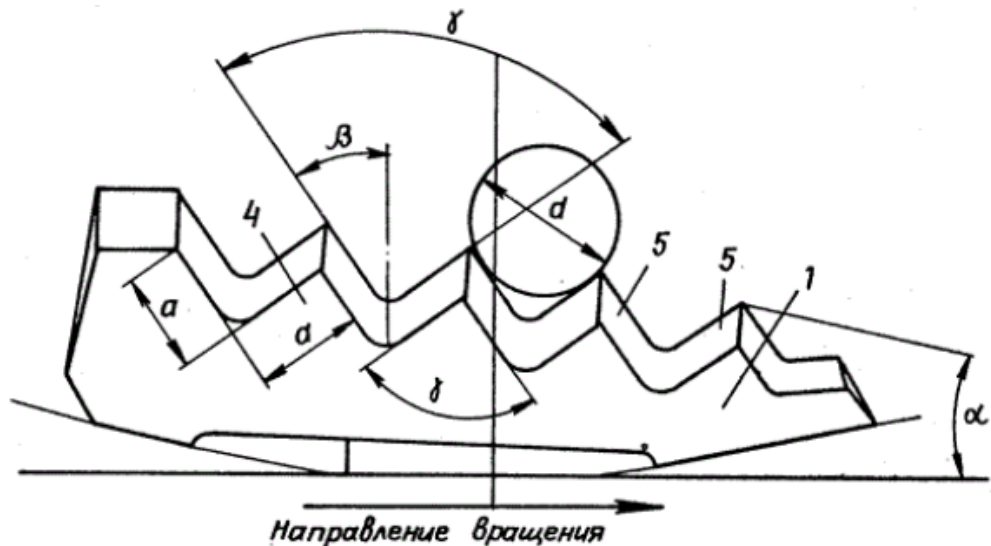


Рисунок 4.10 – Футеровка трубчастого млина, вигляд збоку

Принцип роботи полягає у наступному. При обертанні барабану млина шари, що впали, скочуються на поверхню футеровки, потрапляють на кути сходинок 4, підхvacуються їх бічними площинами 5 і захоплюються на кругові траєкторії. Обрані параметри профілю виключають ковзання шарів по футеровці, забезпечують їх підйом на висоту, що потрібна та падіння широким сектором, завдяки чому знижується знос футеровки, посилюється ковзання між шарами у зоні п'яти та їх стираюча дія, що підвищує тонину помелу. Підйом плити у продольному напрямі забезпечує сортування шарів по крупності

вздовж млина, що також підвищує ефективність використання енергії шарів і збільшує продуктивність млина і тонину помелу.

Суть винаходу [10] полягає в наступному – трубний млин (рис. 4.11–4.13), що містить привід, опорні цапфи з нерухомо закріпленими в них завантажувальним і розвантажувальними пристроями, нерухомо з'єднаний з опорними цапфами циліндричний футерований барабан з нерухомо закріпленою в ньому опірної цапфи з розвантажувальним пристроєм вихідною решіткою, розділений нерухомо закріпленими в ньому міжкамерними перегородками на завантажувальну камеру, розташовану біля завантажувального пристрою, розташовану за нею камеру грубого помелу мелючими тілами сферичної форми, утворену розташованою концентрично та з зазором по відношенню до внутрішньої поверхні футерованого барабана нерухомо закріпленою в ньому перфорованою обичайкою, футерованою зсередини з суміщенням отворів в ній і нерухомо прикріпленою до неї перфорованою футеровку.

Футеровані барабаном і вищевказаної футерованою перфорованою обичайкою, камери тонкого помелу, послідовно розташовані за камерою грубого помелу, перфоровані класифікуючи подає пристрій, конструкцією повторює завантажувальний, нерухомо закріплене і розташоване концентрично усередині нього і примикає співвісно з суміщенням центральних отворів до між камерно. перегородці, встановленої у футерованою перфорованою обичайки з боку завантажувального пристрою і має отвори, ширина або діаметр яких дорівнюють ширині або діаметрам отворів в класифікуючи подає влаштуванні та ширині або діаметрам суміщених отворів перфорованою обичайки і її футерування, нерухомо закріплений в кільцевій камері гвинтовий конвеєр, повідомлений з завантажувальною камерою, з направленням гвинта конвеєра з боку завантажувального пристрою, протилежним напрямку обертання барабана млина, що відрізняється тим, що футерована перфорована обичайка виконана у формі усіченого конуса, зверненого більшою підставою до завантажувального пристрою, перегородка, що відокремлює камеру грубого помелу від камери тонкого помелу, виконана класифікованою, що містить

звернені відповідно в камеру грубого помелу перфорований і камеру тонкого помелу суцільний кільцеві диски, нерухомо закріплені до Футеровані барабану, розташовані по відношенню до нього співвісно і без зазорів, нерухомо прикріплені до кільцевих дисків, розташовані між ними радіально і без зазорів по відношенню до них.

Футеровані барабану суцільні лопаті, нахилені до поздовжньої осі футерованого барабана і чергуються з суцільними лопатями перфоровані лопаті, встановлені радіально і паралельно поздовжній осі футерованого барабана і примикають в радіальному напрямку без зазорів до суцільним лопатей у суцільного кільцевого диска сторонами, контактуючим з класифікованим матеріалом і зворотними їм сторонами примикають в радіальному напрямку без зазорів до суцільним лопатей у перфорованого розвантажувальний пристрій, обмежене площинками, що проходять по поверхнях кільцевих перфорованого та суцільного дисків, зверненим, відповідно в камери грубого і тонкого помелу, виконане у вигляді двох усічених конусних обичайок, з'єднаних нерухомо один з одним підставами і встановлених коаксіально один одному і Футеровані барабану з утворенням конусоподібної камери між собою, при цьому зовнішня конусна обичайка нерухомо без зазорів з'єднана із суцільним кільцевим диском і з перфорованими і суцільними лопатями і розташована з кільцевим зазором по відношенню до перфорованому кільцевому диску і спрямована меншою підставою в бік камери грубого помелу, а внутрішня конусна обичайка спрямована меншою підставою в бік камери тонкого помелу, крім того в класифікованої перегородці перфоровані і суцільні лопаті, зовнішня конусна обичайка утворюють з перфорованим кільцевим диском передні камери, а з суцільним кільцевим диском - задні камери, при цьому передні камери класифікованої перегородки повідомлені з кільцевої камерою, а задні камери повідомлені з конусоподібної камерою, ширина або діаметр отворів перфорованого диска і перфорованих лопатей класифікованої перегородки рівні ширині або діаметрам суміщених отворів перфорованої обичайки і її

футерування, число заходів і висота профілю гвинта конвеєра збільшуються в напрямку камери тонкого помелу.

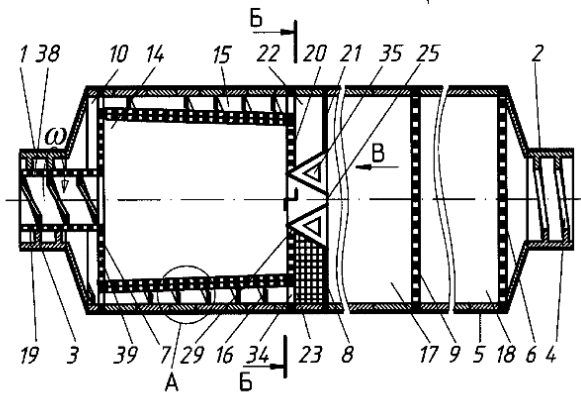


Рисунок 4.11 – Вигляд млина збоку

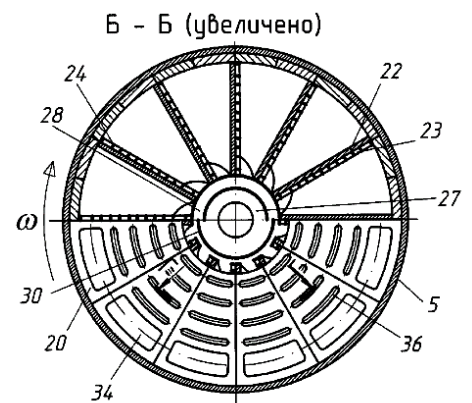


Рисунок 4.12 – Переріз Б-Б

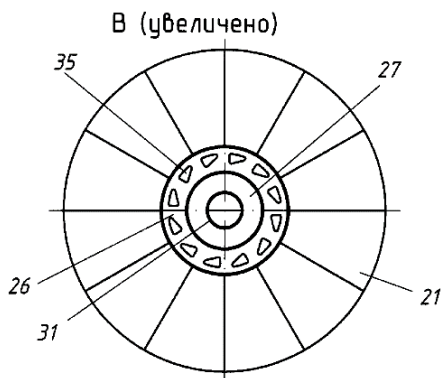


Рисунок 4.13 – Вигляд В

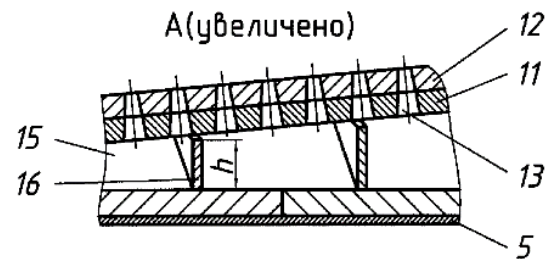


Рисунок 4.14 – Вигляд А

Проаналізувавши відомі технічні рішення, щодо модернізації трубного млина і прийнявши до уваги особливості конструкції, було вирішено використати модернізацію за винаходами [8, 9] як перший варіант і за винаходом [10] як другий варіант модернізації.

Розрахунки були проведені згідно першого варіанту модернізації, оскільки вона, згідно патентного огляду, значно більше вплине на ефективність помелу та збільшить продуктивність.

5 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

5.1 Опис технологічного процесу в трубному млині

У виробництві цементу, кераміки і скла для грубого і тонкого помолу матеріалу широко застосовують трубні млини.

Принцип дії таких млинів заснований на подрібненні матеріалу ударом і частково стиранням тіл, що мелють, в обертовому барабані.

Даний млин відноситься до устаткування для тонкого подрібнення різних матеріалів і може бути використаний в промисловості будівельних матеріалів при виробництві цементу, вапнякового борошна, в енергетичній промисловості при помолі вугілля, а також у гірничорудному і хімічному виробництві при подрібненні різних матеріалів. У цих машинах, які відносяться до тихохідних подрібнювачів, помол матеріалу відбувається усередині футерованого барабану тілами, що мелють, які знаходяться в ньому – кулями або стрижнями. При обертанні барабана з визначеною кутовою швидкістю тіла, що мелють, починають рухатися разом з корпусом барабана, піднімаються на деяку висоту і потім падають на шматки матеріалу, що лежать на футеровці. Відбувається так званий стиснутий удар. Матеріал подрібнюється під впливом удару і стирання при перекочуванні тілами, що мелють. Збільшуючи час перебування матеріалу в подрібнювачі, можна одержати дуже високий ступінь подрібнення, однак при цьому різко зростають енергетичні витрати. Витрата енергії в цих подрібнювачах висока і складає, наприклад, при помелі апатитової і фосфоритної руди близько 15 кВт*год/т; в окремих випадках при помелі міцних матеріалів ця величина може бути в 5 – 10 разів більша.

Млин являє собою циліндричний барабан, встановлений на підшипниках, що приводиться в обертання двигуном через редуктор. Завантаження і розвантаження матеріалу роблять через завантажувальні та розвантажувальні воронки.

Матеріал подається в завантажувальну цапфу і далі через живильник і шнек, розташований у цапфі, надходить у першу камеру барабана. Подрібнений матеріал крізь щілини міжкамерної перегородки і отвору у стінках просипається у збірник, звідки подається в сепаратори. Виділений у сепараторах «великий сорт» по аероколобах подається в приймач другої секції млина, звідки елеваторними лопатами подається на направляючий конус, по якому матеріал надходить у другу секцію.

З другої секції подрібнений матеріал крізь отвори в торцевій решітці подається лопатами і шнеком крізь порожню цапфу у розвантажувальний патрубок. Просипаючись крізь вікна, матеріал попадає на сито, що затримує роздроблені частки тіл, що мелють, які потім відділяються по патрубку. Готовий продукт просипається крізь сито і попадає в патрубок, звідки направляється транспортером на склад.

5.2 Вибір системи автоматизації

Оптимальні умови автоматичного управління процесами подрібнення матеріалу досягаються шляхом стабілізації якості вхідного матеріалу як по величині кусків так і від вологості матеріалу.

В наш час регулювання процесу подрібнення проводиться шляхом встановлення та підтримки певної швидкості обертання млина та подачі матеріалу.

Однак вище перерахований спосіб не дозволяє з достатньою точністю стабілізувати процес роздубнення, внаслідок постійної зміни якості вхідного матеріалу, його розміру, складу та ін..

При регулюванні стабільності заповнення млина відбувається наступне: підвищення якості вихідного матеріалу, та значна економія ресурсів, через те, що недовантаження чи перевантаження млина призводить до значної витрати електроенергії.

У випадку автоматичного контролю відповідні ресурси зберігаються.

Дуже великий відсоток економії та підвищення якості досягається за рахунок автоматизації процесу регулювання фракційного складу вхідного матеріалу та його якісного складу.

Впровадження вище перерахованих засобів автоматизації суттєво підвищить коефіцієнт корисної дії трубного млина.

5.3 Розробка функціональної схеми автоматизації в сушильному барабані

Призначення системи керування

Функціональною схемою автоматизації передбачається:

- регулювання витрат, температури та рівнів змащування;
- регулювання подачі матеріалу;
- регулювання співвідношення тисків;
- вимір якості готового матеріалу;
- керування електродвигуном.

Перелік контурів керування, які входять до системи:

- контур регулювання температури та рівнів змащування;
- контур регулювання подачі матеріалу;
- контур регулювання співвідношення тисків;
- контур виміру якості готового матеріалу;
- контур керування двигуном.

5.4 Опис функціональної схеми автоматизації

Для контролю і керування процесом помелу в трубному млині вона оснащується комплексом контрольно-вимірювальних і реєструючих приладів.

На функціональній схемі автоматизації показана схема установки приладів на розроблювальному млині.

На даній схемі розглянутий автоматичний контроль, вимір і регулювання таких параметрів млина як витрати, температури та рівні змащування, подача матеріалу, і тиски.

На бункері вхідного матеріалу встановлений ємнісний рівнемір типу ЭИУ-2 поз. 1-1, що зв'язаний з вторинним реєструючим приладом РМТ-49 ДМ/1, поз. 1-2, що регулює подачу матеріалу в завантажувальний бункер.

Подача матеріалу в млин здійснюється за допомогою шнекового дозатора, запуск двигуна якого здійснюється через кнопки керування КУ-123, поз. 10-1 та магнітний пускач ПМЕ-222, поз. 10-2.

Перед входом у млин встановлено тахогенератор типу ТГ-2 та амперметр струму двигуна приводу шнека, вихідні сигнали з яких через перетворювачі поз.2-2 та 12-2 та коректуючі пристрої поз.2-3,12-3, прилад множення на коефіцієнт поз.2-4, що проходить через шнековий дозатор і поступає на прилад виміру витрат вхідного продукту РМТ-49 ДМ/1, що контролює витрати вхідного матеріалу в млин.

Для змащування підшипників в млині передбачена централізована система змащування. На шляху проходження діафрагма дискова ДДН-3566, поз.3-2, подає сигнал на вторинний регулюючий прилад КСД-3-001, поз. 3-3, що контролює витрату змащування млина. Сигнал на подачу змащування надходить через магнітний пускач NS марки ПМЕ-222, поз.АМ-1, на електродвигун ЧАТ10493.

На млині встановлена термопара типу ТХК-284, поз. 4-1, що при нагріванні виробляє сигнал, що надходить на вторинний регулюючий прилад КСП-03Р з регулюючим пристроєм, поз. 4-2.

У трубопроводі зливу відпрацьованого змащування також встановлена діафрагма дискова нормальна ДДН-6, поз.5-1, дифманометр мембранний ДИ-3566, поз. 5-2, і вторинний прилад КСД-3-001, поз. 5-3.

Для виміру якості готового матеріалу на стрічковому транспортері на який надходить матеріал, встановлено радіоізотричний густиномір типу ПР 1024, поз. 6-1, що подає сигнал на прилад, встановлений на щиті КМС-3, поз. 6-2, за допомогою якого вимірюється якість готового продукту. Для вимірювання витрати готового продукту використовують тензотричний перетворювач ваги, розташований на вихідному транспортері. На щиті розташований вторинний прилад, що інтегрує значення маси у часі.

Для контролю рівня клінкера в бункері встановлений ємнісний рівнемір, сигнал з якого надходить на диференціальний прилад РМТ-49 ДМ/1. Про заповнення млина матеріалом сигналізує лампа НЛ2. Використано рівнемір типу ЭИУ-2, поз. 8-1.

На трубопроводі зливу і подачі змащування встановлені манометри МТП-160, поз. 9-1, 7-1, також прилади встановлені і на лініях запиленого повітря, поз. 13-1.

Для ручного вмикання та вимикання приводу млина, застосовуємо відповідний контур, який складається з кнопки (SB3) з індикацією (НЛ5), яка змонтована на щиті магнітного пускача (МП1), який встановлений на двигуні приводу млина. Контур працює наступним чином: при натисканні кнопки спрацьовує сигналізація і загорається лампочка індикатора на щиті, наступним спрацьовує магнітний пускач (МП1) і вмикає / вимикає двигун приводу млина.

Для аварійного вимкнення всього млина в разі виникнення небезпечної ситуації їм передбачено контур аварійного вимкнення всього апарату. Він складається з кнопки (SB1), в яку вмонтована сигнальна лампа (НЛ3). Кнопка знаходиться на щиті магнітних пускачів (М1) та (М2) відповідно і виконавчого механізму (8-г), який знаходиться на корпусі млина. При виникненні аварійної ситуації оператор натискає на кнопку (SB1), після чого відбувається вимикання виконавчого механізму (8-г), який закриває заслінку і припиняє надходження клінкера в прийомний бункер, також при натисканні (SB1) здійснюється вмикання магнітних пускачів (МП1) та (МП2), які вимикають

головний двигун, після чого весь агрегат вимикається. При повторному натисканні на кнопку (SB1), весь агрегат знову вмикається.

5.5 Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 5.1 – Специфікація приладів і засобів автоматики

№ позиції на схемі	Місце установки	Одиниці виміру допустимих значень	Найменування параметрів	Найменування і характеристика	Тип моделі	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
1-1, 1-8	Бункер	мм	Рівень матеріалу в бункері	Ємнісний рівнемір	ЭИУ-2	2
1-2, 8-2	Щит	– II –	– II –	Вторинний реєструючий прилад	РМТ-49 DM/1	2
2-1, 12-1	Шнековий дозатор	кг	Витрати вхідного матеріалу	Тахогенератор, амперметр	ТГ-2 М-1730	1 1
2-2, 12-2	По місцю	– II –	– II –	Перетворювач	ТГ-2	2
2-3, 12-3, 2-4	Щит	– II –	– II –	Корегувальні пристрої	А-31	3
2-5	Щит	– II –	– II –	Вторинний пристрій	РМТ-49 DM/1	1
3-1	На трубопроводі подачі змащування	м³/год	Витрата змащування	Діафрагма дискова нормальна	ДКС-6	1
3-2	По місцю	– II –	– II –	Діафрагма дискова нормальна	ДДН-3566	1
3-3	Щит	– II –	Витрата змащування	Вторинний реєструючий пристрій	КСД-3-001	1
3-4	Щит	– II –	– II –	– II –	– II –	1
3-5	Щит	– II –	– II –	– II –	– II –	1
4-1	Млин	°С	Температура	Термопара	ТХК-284	1

4-2	Щит	– II –	– II –	Вторинний реєструючий пристрій	КСП-03Р	1
5-1	На трубопроводі зливу змащування	м³/год	Злив змащування	Діафрагма дискова нормальна	ДДН-6	1
5-2	По місцю	– II –	– II –	Дифманометр мембранний	ДИ-3566	1
5-3	Щит	– II –	– II –	Вторинний прилад	КСД-3-001	1
6-1	Транспортер	кг/м³	Вимір. якості матеріалу	Радіоізотопний густиномір	ПР1024	1
6-2	Щит	– II –	– II –	Вторинний прилад	КСМ-3	1
7-1, 9-1, 13-1	Трубопроводі	МПа	Злив і подача змащування запилене повітря	Манометр	МТП-160	3
10-1, 11-1	По місцю	– II –	Запуск двигуна	Кнопка керування	КУ-123	2
10-2, 11-2	Щит	– II –	– II –	Магнітний пускач	ПМЕ-222	
SB1	Щит	– II –	Аварійне вимкнення	Кнопковий вимикач	КУ-132-12	1
HL2	Щит	– II –	Аварійне вимкнення	Сигнальна лампа	СЛ	2
HL3	Щит	– II –	Аварійне вимкнення	Сигнальна лампа	СЛ	2
HL4	Щит	– II –	Аварійне вимкнення	Сигнальна лампа	СЛ	1
HL5	Щит	– II –	Ручне вмикання	Сигнальна лампа	СЛ	1

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; пожеж і вибухів на виробництві; питання правової охорони праці.

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування трубного млина. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Пульт оператора знаходиться в виробничому приміщенні. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці [12-14].

6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Автоматизована лінія призначена для подрібнення матеріалу.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- рухомі та обертаючі частини обладнання;
- виробничий шум;

- вібрації;
- промислове освітлення;
- пожежонебезпека.

6.2 Повітря робочої зони

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких фізичних робіт по ГОСТ 3.3.6.042-99.

Енерговитрати людини в цеху досягають 150 ккал/г (172 Дж/с). Так як в процесі роботи вузли лінії піддаються інтенсивному охолодженню водою, то робочі поверхні нагріваються не вище 45°C. Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні зводимо в таблицю 7.1.

Таблиця 6.1

Період року	Категорія роботи – легка					
	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Допустим.	Фактич.	Допустим.	Фактич.	Допуст.	Факт.
Холодний або	19 ÷ 21	20 ÷ 23	60 ÷ 40	60 ÷ 50	0,2	0,2
Теплий	21 ÷ 23	22 ÷ 25	60 ÷ 40	60 ÷ 40	0,2	0,2

Фактичні параметри умов відповідають нормам і забезпечуються наступними заходами:

- в холодну пору року підігрів приміщення батареями з теплоносіями води, яка нагріта до температури 50÷60°C;
- в теплу пору року – вентиляцією через верхні отвори.

Під час роботи млина відбувається виділення токсичних речовин - парів, пилу з відкритих ємностей шляхом виходу пилу через нещільність технологічного обладнання. Для видалення шкідливих компонентів (допустимі значення ГОСТ 12.1.005–88, для цементу ГДК–6 мг/м³) встановлена місцева вентиляція, в цеху встановлена також загальнообмінна вентиляція. Тому фактична концентрація цементу ГДК – 2 – 3 мг/м³

Ефективна робота зонта можлива лише в тому випадку, якщо об'єм підтікаючої течії повітря менше об'єму відсмоктуючого повітря, при двократному повітрообміні.

Розміри вхідного отвору зонта більше розмірів джерела. Для надійності роботи зонта необхідно, щоб вертикальний шлях між кромкою зонта і верхньою кромкою накритого осередку виділення шкідливих речовин був мінімальним.

Габарити зонта знаходимо:

висота підвісу зонта H приймається в границях $1,6 \div 1,8$ м;

$$H = 1,6 \text{ м};$$

розміри прямокутного зонта в плані визначаємо з виразу:

Схема витяжного зонта

$$A = a + 0,8h;$$

$$B = b + 0,8h;$$

a, b —сторони поверхні що перекривається, м;

h —відстань від пазу зонта до поверхні, що перекривається, м;

$$h = 1 \text{ м},$$

$$A = B = 0,4 + 0,8 \cdot 1 = 2,2 \text{ м}.$$

Кут зачинення зонта φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонта близька до середньої по всьому перерізу зонта). Повна висота зонта:

$$h_3 = \frac{A - D}{2tg \frac{\varphi}{2}} + h_6, \text{ м}; \quad (6.1)$$

де $D = 0,3$ м – діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,2$ м – висота борту;

$$h_3 = \frac{2,2 - 0,3}{2tg \frac{60}{2}} + 0,2 = 0,97 \text{ м};$$

приймаємо $h_3 = 2$ м.

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$L_3 = 3600 \cdot F_k \cdot v_0, \text{ м}^3/\text{ГОД};$$

де F_k – площа розрахункового перерізу отвору на виході, м^2 ;

$$F = 2,2 \cdot 2,2 = 4,84 \text{ м}^2,$$

$v_0 = 0,6$ м/с – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонта,

$$L_3 = 3600 \cdot 4,84 \cdot 0,6 = 10454,4 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Розвинутий повний тиск $H = 1,3$ МПа.

Приймаємо осьовий вентилятор МЦ-8,

продуктивність якого $J_v = 12000$ $\text{м}^3/\text{Г}$,

розвинутий повний тиск $H_v = 1,3$ МПа,

кількість обертів колеса $n = 950$ об/хв,

КПД $\eta = 0,58$.

Втрати тиску в системі менші розвинутого повного тиску вентилятором.

6.3 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування млином, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою 50 Гц і ізольованою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються як трьохпровідні ланцюги з ізольованою нейтраллю.

Для трьохпровідної мережі з ізольованою нейтраллю при режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює:

$$I_4 = \frac{U_{\Phi}}{R + \frac{r}{3}} \quad (6.2)$$

$$I_4 = \frac{220}{1200 + \frac{80000}{3}} = 0.0078(A),$$

де $U_{\Phi} = 220\text{В}$ – фазна напруга;

$R_{\text{ч}} = R_{\text{мч}} + R_{\text{о}} + R_{\text{н}} + R_{\text{кн}} = 800 + 250 + 100 + 50 = 1200 \text{ Ом}$ - опір людини;

R – опір мережі.

Таким чином, небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

Як величину тривалої враження струмом при нормальних умовах застосовують силу струму $I=0,01$ А. При тривалому влученні під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму, не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

Припустиму величину напруги дотику визначають як:

$$U_g = I_4 \cdot R_4 \quad (6.3)$$

$$U_g = 0,01 \cdot 1200 = 12(B)$$

Для короткочасного перебування під напругою

$$U = I_4 \cdot R_4 \quad (6.3)$$

$$U = 0,065 \cdot 1200 = 78(B),$$

де $I_{\text{чм}}=0,065$ А - сила струму, що допускається, при дії в плині 1 сек.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;

- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачати затисками для підключення заземлення.

Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Біля датчиків заземлення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі 200 В с частотою 50 Гц у плині 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Електрична апаратура, встановлена усередині робітників приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється мегаамперметром П044Т У25-0.4-1970-80.

Розрахунок захисного заземлення

Оскільки установка живиться напругою 380 В і існує можливість попадання обслуговуючого персоналу під напругу, тому необхідно заземлити установку (рис. 6.1). Допускається заземлення з опором $R_d = 4$ Ом.

При улаштуванні штучних заземлень, їхній опір повинен задовольняти умові:

$$R_U < |R| \quad (6.4)$$

Як заземлення використовуємо сталеві стрижні $d=0.014$ м.

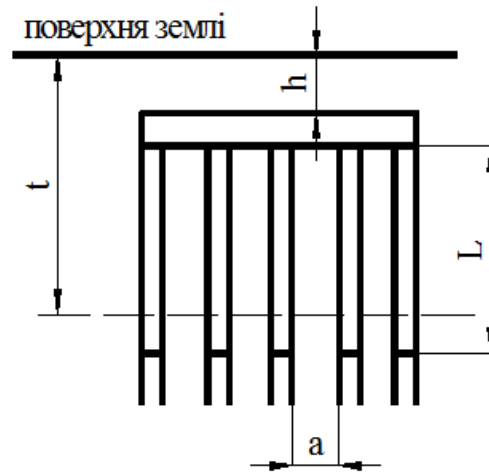


Рисунок 6.1 – Схема до розрахунку захисного заземлення

Опір розтікання струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (6.5)$$

$$R_1 = \frac{30}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.0142} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 25 + 3}{4 \cdot 25 - 3} \right) = 10.1 (\text{Ом}),$$

де t – відстань від центра електрода до поверхні землі, м;

l – довжина стрижня, м;

R – питомий опір ґрунту.

Опір одного сталевого електрода більше припустимого, тому включаємо кілька рівнобіжних електродів.

Їхню кількість визначаємо:

$$n = \frac{R_1}{V \cdot R_U} = \frac{10.1}{0.7 \cdot 3.3} = 4.4 \quad (6.6)$$

де V – коефіцієнт взаємного екранування.

Приймаємо $n_3=5$.

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевою смугою перетином 4×40мм.

Довжина смуги:

$$l_n = a \cdot (n-1) = 1,5 \cdot (5-1) = 6(м), \quad (6.7)$$

де $a=1.5$ м - відстань між електродами опору, рівна відстані з'єднувальною смуги:

$$R_n = \frac{R_{ГР}}{2 \cdot \pi \cdot l_n \cdot V} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{6 \cdot l_n} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 0,7} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3^2}{6 \cdot 0,7} = 1,65(Ом) \quad (6.8)$$

Еквівалентний опір заземлення:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_n}{R_1 + (R_n \cdot V \cdot n)} = \frac{10,1 \cdot 1,65}{10,1 + (1,65 \cdot 0,7 \cdot 5)} = 1,05(Ом) \quad (6.9)$$

Тому що еквівалентний опір заземлення $R_3=1,05$ Ом менше припустимого значення $R_g=4$ Ом, та умова виконується.

6.4 Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються

Обертаючими механізмами в лінії являються муфти, барабан, шестерні, вали, деталі привода. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині. Для застерігання травм використовують огороження (зварені з лозин у виді ґрат екран), обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки відключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.

6.5 Шум

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- електродвигун;
- редуктор;
- вентилятори і система охолодження;
- ротори.

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 70 дБА, а нормативне значення по ДСН 3.36.037–99 складає 75 дБА. Це означає прийняття наступних обмежень захисту від виробничого шуму:

- змашування всіх поверхонь, що труться, також належність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів,
- футеровки, що знижують рівень шуму на 6 – 8 дБ.

6.6 Вібрації

Джерелом вібрації являються: електродвигун і обертаючі частини лінії.

Зусилля вібрації починається з неточності установки обертаючих частин, з нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні на оператора. Робітник слабо піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульту управління. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039–99.

Зниження вібрації досягається прийняттям наступних мір:

- шляхом установки лінії на фундамент;
- за рахунок використання амортизаторів;

- за рахунок додаткових ребер жорсткості;
- покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію (тому що спостерігаються вібрації низьких частот).

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15-20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

6.7 Промислове освітлення

Важливу роль у справі створення безпечних умов праці грає освітлення. Розрізняють природне, штучне і сполучене освітлення. Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природного освітлення приміщень, тому що останнє підвищує захисні функції організму, стимулює і нормалізує роботу різних його систем.

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Згідно СНиП II-4-79, робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розділу підрозділу "а", тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинне мати освітленість робочої зони $E_{\text{нор}}=150$ лк.

6.8 Пожежна безпека

У виробництві може горіти: електроізоляція, дерев'яні матеріали, горючі речовини. Категорія пожежної небезпеки цеху - В (згідно ОНТП 24-86), ступінь вогнестійкості II (згідно СНиП 2.01.02-85). Основними причинами виникнення пожеж при виробництві є:

- несправність електроустаткування (коротке замикання, великі перехідні опори, перевантаження);
- розряд атмосферної і статичної електрики;
- самозаймання промасленого устаткування.

Заходи щодо пожежної безпеки підрозділяються на організаційні, технічні й експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають: правильну експлуатацію устаткування, правильний зміст приміщення, протипожежний інструктаж робітників.

До технічних заходів відносять дотримання протипожежної безпеки, правил і норм при проектуванні будинку, при установці електроустаткування, опалення, освітлення і вентиляції.

Експлуатаційні заходи – це своєчасний огляд і ремонт технологічного устаткування.

Для гасіння пожежі застосовуються вуглекислові вогнегасники ОУ-5 (4 шт).

Будинок обладнаний запасним виходом (0,8 м) згідно СНиП 2.09.02-85.

Під час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація - теплові оповіщуючі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить в приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СНиП 2.09.02–85 в приміщенні знаходяться два евакуиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

7 СТАРТАП – ПРОЕКТ

7.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Будівництво — інвестиційна галузь економіки. Щороку в нашій країні будуються сотні будівель і нових будинків. Все це вимагає необхідної сировини. Найбільш затребуваними будівельними матеріалами є цемент, цегла, бетон і залізобетон. Особливе місце серед них займає цемент. Його широко застосовують не тільки при будівництві великих будівель і споруд, цемент застосовується і в домашніх умовах. З нього роблять фундамент, застосовують в приватному будівництві.

Цементна галузь тісно пов'язана із розвитком економіки в цілому та будівництва зокрема. Це означає, що будуть відкриті додаткові можливості для цементної галузі. При динаміці росту ВВП варто очікувати додаткових інвестицій в модернізацію цементних заводів і нарощення потужностей виробництва. В Україні є добра основа для зростання – якісна сировина, запаси якої оцінюються в 300 років. Це те, що притягуватиме гроші до України.

Виробництво цементу не представляє великих труднощів. Попит на цю сировину дуже великий, конкуренція не така велика. Зараз багато підприємців намагаються перейти на більш сучасні будівельні матеріали, але, тим не менш, виробництво саме цементу та бетону є найбільш затребуваним і рентабельним.

Головною цільовою аудиторією являються: будівельні промисловості, цементна галузь, будівництво доріг і т.д.

Таблиця 7.1

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення високоякісного цементу / крейди	Широке використання в будівництві	Вища якість виготовленої продукції
	Створення простих будівель та унікальних споруд	
	Зведення внутрішньокімнатних перегородок та стін	
	Залізобетонні конструкції, які використовуються для будівництва фундаменту або опор мостів	
	Гідротехнічне та транспортне будівництво	
	Спорудження наземних і підземних об'єктів	
	Виробництво залізобетонних конструкцій	
	Зведення підводних будівель і споруд, які розташовуються в мінералізованих водах	

7.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В даному підрозділі було проведено технологічний аудит в результаті якого було визначено можливість реалізації даного проекту. Технологічна здійсненність ідеї проекту занесено до таблиці 7.2.

Із таблиці 7.2 робимо висновок, що розвиток проекту має перспективи за рахунок удосконалення технології виробництва продукції, яка забезпечить вищу якість продукції.

Таблиця 7.2

№	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виготовлення цементу	При помелі твердих сировинних матеріалів агрегат працює по замкнутому циклу	Присутня на ринку технологія але потребує доробки	Згідно проведеним розрахункам технологія має перспективи розвитку та є доступною
2	Виготовлення крейди	При помелі м'яких сировинних помольних агрегат працює з гідрокласифікатором по відкритому циклу	Присутня на ринку технологія	Технологія доступна
Для реалізації даного проекту було обрано технологію №1				

7.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз присвячений продукції маркетингового середовища яку можна охарактеризувати як промислове виробництво.

Товар, якому присвячено аналіз маркетингового середовища можна описати як:

- Розглядаються три рівні товару, його особливості. Товар за задумом: варіативність конструкцій та матеріалів. Товар у реальному виконанні: заздалегіть виготовлена продукція. Товар з підсиленням: фото продукції з розміщенням її на біг-бордах та рекламою його в мережі Інтернет.
- Ринкова історія товару: з популяризацією і розвитком нових технології і дизайнерських ідей. Велику популярність почали набирати товари, які більш відрізняються один від одного.
- Визначення етапу життєвого циклу товару: стадія зрілості (виходячи з практичного завдання 2).

Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі:

- Основні оператори ринку: 1) LafargeHolcim; 2) CNBM; 3) Anhui Conch ; 4) HeidelbergCement
- Економічні та соціальні тенденції ринку: Ринок можна описати як стабільний та такий, що потребує вливання нових сил та ідей.
- Характеристики ринку: ринок даної продукції в Україні є великим та має тенденцію до подальшого збільшення, а більшість його споживачів розміщені в великих містах України або за кордоном. Конкуренція на цьому ринку велика, але використання нових ідей суттєво її зменшує.

Організацію системи менеджменту можна побачити на рисунку 7.1

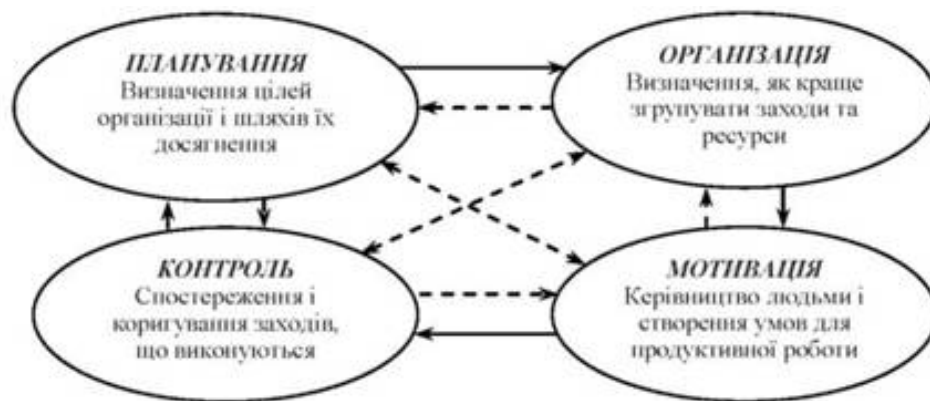


Рисунок 7.1 – Система менеджменту

Ресурси які необхідні:

- фінансові – вкладення інвесторів, державний кредит.
- виробничі та складські потужності – придбання лінії виробництва.
- технології – удосконалення існуючих.
- інформаційні – використання послуг рекламних агентств.
- трудові – постійні професійні працівники (80%) та наймані (20%).
- інтелектуальні – людські ресурси.
- правові – всі продукти і розробки охороняються законами про авторське право.

Проаналізувавши ринок виробництва цементу в Україні за останні роки рис. 7.2-7.5, можемо зробити висновок що дана продукція має великий попит.

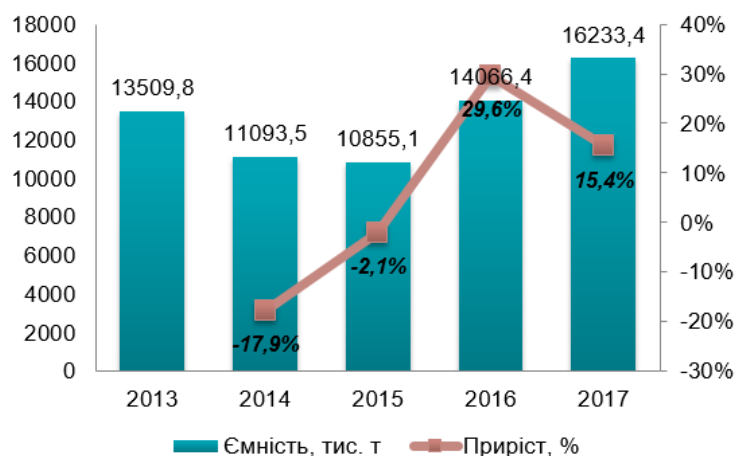


Рисунок 7.2 – Виробництво цементу в Україні 2013-2017 рр. в натуральному вираженні, тис. т

Показник	2013	2014	2015	2016	2017
Вир-во, тис. т	13509,8	11093,5	10855,1	14066,4	16233,4
Імпорт, тис. т	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Експорт, тис. т	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ємність, тис. т	13509,8	11093,5	10855,1	14066,4	16233,4
Приріст, %		-17,9%	-2,1%	29,6%	15,4%

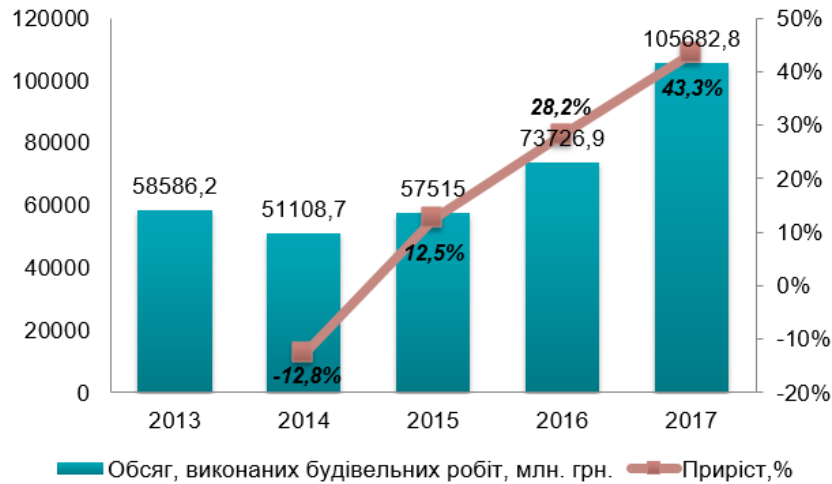
Джерело: за даними Державної служби статистики України, державної митної служби України, оцінка Pro-Consulting

Рисунок 7.3 – Динаміка ринку товарного бетону України в розрізі складових в 2013-2017 рр



Джерело: за даними Державної служби статистики України, державної митної служби України, оцінка Pro-Consulting

Рисунок 7.4 – Динаміка ємності ринку товарного бетону України в натуральному вираженні в 2013-2017 рр



Джерело: за даними Державної служби статистики України, оцінка Pro-Consulting

Рисунок 7.5 – Динаміка за обсягом виконаних будівельних робіт в Україні в грошовому вираженні в 2013-2017 рр, млн. грн

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
Безпека	Будівельні промисловості, цементна галузь, будівництво доріг	Ціна Якість Різноманіття в виборі продукції	До продукції: Співвідношення ціна/якість До компанії Швидкість, якість виробництва та доставки

Визначаємо основні фактори можливостей та загроз:

- внутрішнього маркетингового середовища підприємства
- фактор політико-правового середовища
- фактор економічного середовища
- фактор науково-технічного середовища

- фактор природного середовища
- вплив споживачів
- вплив постачальників
- вплив конкурентів

Фактори внутрішнього маркетингового середовища підприємства занесено в таблицю 7.4.

Таблиця 7.4

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Цільовий ринок	Високі ціни на кінцевий продукт	Потребує великих вкладів для входу на ринок	Збільшення кількості клієнтів за рахунок зменшення цін порівняно з конкурентами.
Територіальне базування компанії	—	Потребує велике приміщення	Відсутня можливість перенести офіс компанії будь-коли і будь-куди
Професійно-кваліфікаційний склад працівників	Не має потреби в великій кількості висококваліфікованих працівників	Високо-кваліфіковані кадри потрібні і мають бути добре забезпечені	За рахунок загальної економії на кваліфікації більшості співпрацівників забезпечити високі з/п кваліфікованим кадрам
Характер устаткування	Виробництво більш якісної продукції	Вихід із ладу агрегату	Великі початкові затрати.

Фактори політико-правового середовища занесено в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Антимонопольні закони	Неможливість захоплення всього ринку однією компанією	Неможливість захоплення моєю компанією цілого ринку	Наявне місце на ринку для розвитку нових представників, можливість зміни роботи ринку за рахунок нових технологій.
Міжнародні відносини з іншими країнами	Україна перебуває в гарних відносинах з більшістю країн	Ринки деяких країн закриті для збуту	Переміщення офісу в інші країни, зацікавленість інвесторів з інших країн.
Допомога держави	Нові споживачі	-	Збільшення кількості кінцевих споживачів продукції
Закон України про рекламу	Дозволяє використовувати рекламу для додаткового доходу	-	Шляхом рішення може бути пошук недосконалостей і подальше їх використання.
Податки на капітал закордону	-	Може відштовхнути інвесторів з інших країн	Рішенням може бути перекладання частини податків на себе.
Податкова система	Покращення матеріального стану країни	Грошові втрати	Пошук альтернативних доходів. Можливе перенесення в іншу країну.

Фактори економічного середовища занесено в таблицю 7.6.

Таблиця 7.6

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Висока середня ціна, встановлена на ринку	Збільшує прибуток для компанії та дає змогу оперувати цінами.	Низька ціна може відштовхнути клієнта.	Можливість збільшувати ціну без значного збитку з боку клієнтів. Гарна реклама для приваблення клієнтів.
Платоспроможна цільова аудиторія	Велика кількість можливого прибутку від замовників	Фінансова неспроможність населення	Замовник готовий платити великі суми.
Висока конкуренція	Після зайняття свого місця в індустрії, впевненість в своїх силах.	Велика кількість конкурентів	Потрібно сконцентруватися на рекламі. Залежність від великих компаній
Високий вхідний капітал	Отримання держ. кредиту	Необхідність в великій кількості інвесторів	високий вхідний капітал
Термін окуплення	-	-	В залежності від кількості замовлень

Фактори науково-технічного середовища занесено в таблицю 7.7.

Таблиця 7.7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання революційних ідей.	Новітні технології, менш затратні та більш продуктивні.	Постійне оновлення та покращення технологічного комплексу	Використання заощаджених коштів для оновлення.
Дорога автоматизація агрегату	Вища якість продукції	Висока ціна для купівлі готової системи	Аналіз ринку розробка нових конструкцій.
Постійний розвиток технологій	Покращення роботи з її оновленням	Додаткові витрати для оновлення технологій	Може покращити якість

Фактори природного середовища занесено в таблицю 7.8.

Таблиця 7.8

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Природні катаклізми	Залежить від природних проблем	Вихід із ладу електромережі	Необхідність встановлення додаткових генераторів
Зміна клімату	-	Затрати на комунальні послуги.	Покращення технологій виготовлення виробів
Забруднення навколишнього середовища	Попит на матеріал відповідного характеру	Встановлення додаткових очисних фільтрів	Інвестування в розвиток «чистих» технологій.

Фактори впливу споживачів занесено в таблицю 7.9.

Таблиця 7.9

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зацікавленість споживачів в продукті.	Збільшення доходу	Велика кількість конкурентів	Зацікавленість як замовників так і споживачів кінцевого продукту веде до збільшення діапазону цін.
Великий попит на товар	Завжди є замовники	Конкуренція	Покращення реклами.
Безпосередній контакт з споживачем	Корегування якості продукту	Відмова від виробу	Пряме покращення продукції з огляду на споживача.

Фактори впливу постачальників занесено в таблицю 7.10.

Таблиця 7.10

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачальник матеріалу	Збільшення випуску готової продукції	Втрати по виготовленню продукції	Заручитися підтримкою декількох постачальників
Електроцентрально	Альтернативні джерела енергії	Відмова роботи всієї мережі	Зменшення загальної кількості використовуваної енергії.

Фактори впливу конкурентів занесено в таблицю 7.11.

Таблиця 7.11

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Велика конкуренція на ринку	Підвищення ціни на продукт	Витіснення з ринку. Втрата клієнтів.	Покращення продукту, збільшення частки реклами.
Висока якість	Перевага для замовника, порівняно з іншими конкурентами	-	Зменшення ціни за рахунок використання нових технологій.
Більший час на ринку	Аналіз ринку для уникнення помилок конкурентів	Повільний розвиток	Закріплення на ринку у ролі лідерів

Особливості конкурентного середовища:

- Тип конкуренції – олігополія
- За рівнем конкурентної боротьби – національна
- За галузевою ознакою – внутрішньогалузева
- Конкуренція за видам товарів – товарно-родова
- товарно-видова
- між бажаннями
- За характером конкурентних переваг – нецінова
- За інтенсивністю – не марочна

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 7.12

Таблиця 7.12

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	LafargeHolcim CNBM Anhui Conch HeidelbergCement	Заводи з виробництва цементу / бетону	Компанії з видобування кlinkеру, гіпсу, вапняка, глини, доменного шлаку, нефелінового шламу, мергелю.	Будівельні промисловості, цементна галузь, будівництво доріг	Паркет, ламінат, в деяких випадках не можливо замінити
Висновки: так як в даній галузі уже присутні компанії які мають великий вплив на ринку, вихід на даний ринок буде важким але реальним, оскільки жодна з компаній не використовує подібної технології виробництва до запропонованої а отже не може виготовляти настільки якісну продукцію. Клієнтська база є дуже великою так як в деяких випадках дана продукція просто не замінна.					

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в таблиці 7.13

Таблиця 7.13

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Ціна	За рахунок прибутку можливість варіювати ціну
2	Якість кінцевого продукту	Якість продукту збільшується за рахунок впровадження нової технології
3	Якість компонентів	Більшість компаній економлять на цьому аспекті
4	Швидкість виробництва	Майже не відрізняється
5	Реклама	Для швидкого виходу на ринок важлива

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін наведено в таблиці 7.14.

Таблиця 7.14

№	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів конкурентів порівняно з МР (MAXPro)						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Ціна			♠	♥♦	♣		
2	Технологія виробництва			♥	♣♠	♦		
3	Якість кінцевого продукту	♣♥♠	♦					
4	Швидкість виробництва			♥	♠♦	♣		
5	Якість компонентів		♥♣	♦	♠			
6	Якість сировини			♠	♣♥♦			
7	Реклама			♠	♥♦	♣		
8	Різноманіття продукції			♠	♣♥	♦		
9	Доставка		♦	♠	♥		♣	
10	Можливість індивідуального замовлення				♣♠	♥	♦	
11	Металоемність конструкції	♥♠♣	♦					

♣ - LafargeHolcim; ♦ - CNBM; ♥ - Anhui Conch; ♠ - HeidelbergCement

Виходячи з даної таблиці маємо:

Слабкі сторони: можливість індивідуального замовлення та доставки

Сильні сторони: технологія виробництва, металоемність конструкції та якість кінцевого продукту

З цих даних робимо висновок, що при необхідному фінансуванні зважати на нову технологію виготовлення, за допомогою якої зменшується металоемність конструкції та збільшується якість кінцевого продукту підприємство має непогані перспективи розвитку. При зменшенні металоемності конструкції агрегату, зменшується кількість запланованих ремонтів та їх складність, що дає змогу виготовляти більший об'єм продукції.

Формулювання управлінської проблеми, SWOT- аналіз подано в таблиці 7.15.

Таблиця 7.15

<i>Сильні сторони</i>	<i>Слабкі сторони</i>
-Використання новітніх технологій -Вища якість продукції -Порівняно не висока ціна готового продукту	-Досвід -Велика кількість найманих працівників для співпраці -Необхідність великого приміщення для роботи - Велика кількість конкурентів - Великий стартовий капітал
<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>
-Великий діапазон для встановлення цін на продукт, що веде до збільшення прибутку -Привабливість застосування нових технологій, що пришвидшує виготовлення продукту. -Універсальність застосування технології в будь-якій країні -Вихід на провідні позиції	- Необхідність в капіталовкладеннях -У великих підприємств є своя база клієнтів яку необхідно буде переманити до себе

Управлінська проблема: проблема пошуку клієнтів, пошук інвесторів.

Альтернативні шляхи вирішення управлінської проблеми/ реалізації управлінської можливості:

- Підвищення якості та кількості реклами.
- Встановлення зручного цінового діапазону.
- Великий простір для реклами.
- Отримання державного кредиту.
- Залучення інвесторів.

Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів подано в таблиці 7.16.

Таблиця 7.16

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
Підвищення якості та кількості реклами	Збільшення витрат на рекламу	Конкурентна перевага, збільшення кількості клієнтів
Встановлення зручного цінового діапазону	Можливі втрати порівняно з максимально можливою ціною при встановленні мінімальної	Додатковий дохід при правильному використанні можливостей
Державний кредит	Можлива відмова	Кошти на розвиток підприємства під не великий відсоток
Інвестори	Можлива втрата контрольного пакета акцій	Додаткові кошти на розвиток підприємства

Збільшення долі реклами в загальному бюджеті підприємства та отримання державного кредиту це-найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми.

7.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Вибір цільових груп потенційних подано в таблиці 7.17.

Таблиця 7.17

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Цементна галузь	90	45	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту

Таблиця 7.17 (продовження)

2	Державне замовлення	50	3	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукта
3	Будівельні промисловості	95	35	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукта
4	Поодинокі замовлення	70	2	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукта
5	Будівництво доріг	80	15	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукта

Визначення базової стратегії розвитку подано в таблиці 7.18.

Таблиця 7.18

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	<i>Стратегія диференціації</i>	<i>Ексклюзивний розподіл</i>	<i>Відмітні властивості товару та варіативність конструкцій</i>	<i>Стратегія розвитку</i>

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки подано в таблиці 7.19.

Таблиця 7.19

№	Чи є проект першопроходцем на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента і які?	Стратегія конкурентної поведінки?
1	ні	Компанія буде шукати нову цільову аудиторію та паралельно забирати споживачів у конкурентів	ні	наступальна війна (Фланговий наступ)

Фланговий наступ. Гарний фланговий маневр має бути спрямований на незвідану територію, тактичний сюрприз має стати важливим елементом плану, а переслідування конкурента так само важливе, як і атака. Наприклад, конкуренти IBM Honeywell у США розгорнули свою діяльність у віддалених штатах, які випали з поля зору лідера. Флангову атаку можна проводити низькою ціною, високою ціною (літаки та годинники Concord, автомобілі Mercedes та ін.), малим калібром (класичний приклад – малолітражні автомобілі, автомобілі «фольксваген-жук»), формою товару, великим калібром, меншою кількістю калорій.

Визначення стратегії позиціонування подано в таблиці 7.20.

Таблиця 7.20

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	різноманітність, практичність, ціна, якість.	Стратегія розвитку	Якість, варіативність конструкцій,	Якість Практичність

7.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено в таблиці 7.21.

Таблиця 7.21

<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
Виготовлення цементу	Висока якість	Забезпечення якісного продукту при помелі твердих сировинних матеріалів

Опис трьох рівнів моделі товару наведено в таблиці 7.22.

Таблиця 7.22

Обрана альтернатива розвитку проекту	Сутність та складові
I. Товар за задумом	покращення якості готового продукту, зменшення металоємності агрегату, збільшення виробництва за рахунок зменшення кількості планових ремонтів
II. Товар реальному виконанні	у Властивості/характеристики
	Млин з модернізованим барабаном
	1. Надійність
	2. Енерго- та ресурсозбереження
	3. Інноваційність технології
	4. Зменшення габаритів конструкції
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ
III. Товар із підкріпленням	До продажу:
	Вибір продукції
	Після продажу доставка
За рахунок нової технології виготовлення товар буде захищено від копіювання	

Формування системи збуту наведено в таблиці 7.23.

Таблиця 7.23

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Презентації (клієнти хочуть на власні очі бачити продукцію перед закупівлею), потребують доставки, консультацій	Доставка Гарантія	Нульовий рівень Підприємство виготовляє повністю готовий і якісний продукт	З залученням реклами та мас-медіа власна система збуту

Концепція маркетингових комунікацій наведено в таблиці 7.24

Таблиця 7.24

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Друкована продукція (каталоги, спец-видання). Документальне оформлення домовленостей Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо).	Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економно; Якість залежить від ціни.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Офіційний стиль. Призначення зустрічей.

7.6 Висновки з розділу

На підставі всього вищесказаного можна зробити висновок про те, що відкрити власний бізнес з виробництва цементу може далеко не кожен бізнесмен. При цьому потрібен хороші організаторські здібності і великий початковий капітал. План досить простий. Дуже важливо правильно налагодити технологічний процес і придбати гарне, нове обладнання. В іншому випадку його потрібно буде постійно ремонтувати і вкладати для цього великі гроші. Постачання сировини — ще один важливий план, так як від вихідної якості сировини залежить вибір способу отримання цементу і його якісні характеристики. Готовий цемент повинен задовольняти вимогам ГОСТу.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даного дипломного проекту отримано наступні результати розробки трубного млина:

1. Вивчено принцип роботи і конструкції трубного млина крупного подрібнення.
2. Проаналізовано технічні параметри і характеристики трубного; визначено його технічні переваги і деякі недоліки.
3. По завершенню патентних досліджень обрано два варіанта модернізації барабану трубного млина, розроблену нову конструкцію на їх основі, що підвищує продуктивність роботи млина, тонину помелу і динамічну активність кульового завантаження.
4. Розроблена машина відповідає вимогам щодо охорони праці, розроблені такі заходи щодо охорони праці: зниження шуму, вібрації, очищення повітря робочої зони.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пашинський А.А. Конструювання зварених хімічних апаратів: Довідник під ред.: А.Р. Толчинського.-А.: Машинобудування, ЛО, 1984, 382с.
2. Пашинський А.А., Толчинський А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури: Довідник / під ред.: Н.Н. Логинова.2-і вид., перероб. і доп.- Л.: Машинобудування, ЛО, 1970, 752с.
3. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей / Склад.: А.Є. Розенплентер, Т.В. Панішева. К: КПІ, 1999, 48с.
4. Патент № 2003126709. Трубная многокамерная мельница / М.Я. Бикбау, Н.Н. Мельников (Россия). – Заявл. 09.02.2003; Оpubл. 20.02.2005.
5. Патент № 2246355. Трубная мельница с внутренним классифицирующим устройством/Ю.М. Фадин, С.С. Латышев, В.В. Шишков и др. (Россия). – Заявл. 11.03.2003; Оpubл. 20.02.2005.
6. Патент № 2150324. Трубная мельница / М.А. Вердиян, И.М. Тынников, А.В. Брыжик и др. (Россия). – Заявл. 09.09.1999; Оpubл. 10.06.2000.
7. Патент № 2058824. Футеровка для трубчатых шаровых мельниц / В.Я. Рязанцев, В.А. Самойленко, А.В. Брыжик и др. (Россия). – Заявл. 02.12.1993; Оpubл. 04.27.1996.
8. Патент № 1747159. Способ мокрого измельчения материалов и барабанная мельница для его осуществления / В.И. Головань, В.А. Лисянский (Россия). – Заявл. 16.08.1995; Оpubл. 15.07.1997.
9. Патент № 1279113. Футеровка для трубных шаровых мельниц / И.Ф. Дун, П.И. Круппа, Л.Ф. Биленко, А.Л. Соболев (Россия). – Заявл. 05.16.1984; Оpubл. 01.27.1997.
10. Патент № 57147. Трубная мельница / С. И. Ханин, В. С. Богданов, В. В. Ломакин и др. (Россия). – Заявл. 20.01.2006; Оpubл. 10.10.2006.

- 11.Б.Д. Кошарский. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Ленинград, 1976.
- 12.Методичні вказівки по розробці розділу «Охорона праці» дипломних проектів для машинобудівних спеціальностей / Склад.: І.А. Фоменко, І.Н. Ковтун, В.І. Полукарев, А.С. Матучевич. К.: КПІ, 1990, 50с.
- 13.Г.В. Макаров «Охрана труда в химической промышленности», Москва, «Химия», 1989г.
- 14.Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006, 448 с

ЗМІСТ

1	Параметричний розрахунок	2
1.1	Розрахунок числа обертів млина	2
1.2	Розрахунок критичної й оптимальної кутової швидкості барабана	2
1.3	Визначення оптимального завантаження барабана	6
1.4	Розрахунок потужності двигуна	8
1.5	Розрахунок продуктивності	12
2	Розрахунок на міцність	14
2.1	Розрахунок барабана млина	14
2.2	Розрахунок корінних підшипників	16
2.3	Розрахунок системи гідропідпору підшипника	20
2.4	Розрахунок на міцність цапфи млина	23
2.5	Розрахунки, які підтверджують працездатність машини	24
3	Розрахунок модернізованої конструкції трубного млина за допомогою обчислювальних систем	

Перелік посилань

Додаток Розрахунки у MathCad

					ЛП71мп.123123.02-70PP				
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата					
Розроб.	Цибульський				Трубний млин з модернізацією барабану		Літ.	Аркцш	Аркцшів
Перевір.								1	32
Керівник	Лелека С.В.						НТУУ «КПІ»		
Н. Контр.									
Затв.	Гондляр О.В.								

1 ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

1.1 Розрахунок числа обертів млина

Число обертів млина визначається по формулі, об/хв

$$n = K \frac{42,2}{\sqrt{D}}, \quad (1.1)$$

де K – коефіцієнт, що враховує яку частину критичного числа обертів становить дійсне число обертів млина (для млинів з діаметром барабана більше 3 м становить 0,7...0,75);

D – діаметр млина.

$$n = 16,135 \text{ об/хв}$$

Дійсне число обертів млина від головного привода, становить:

$$n = \frac{n_{\text{эл.дв}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ хв}^{-1}$$

1.2 Розрахунок критичної й оптимальної кутової швидкості барабана

При невеликій кутовій швидкості барабана циркуляція «завантаження» не буде інтенсивною, тому що кулі, піднімаючись на деяку висоту, скочуються по поверхні контуру завантаження без удару.

$$mg \cos \alpha \geq m\omega^2 R \quad (1.4)$$

При цьому кутова швидкість, рад/с

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}} \quad (1.5)$$

Траєкторія руху кулі у вільному падінні являє собою параболу (при встановленні початку координат у точці А) і описується системою рівнянь

$$\begin{cases} x = vt \cos \alpha \\ y = vt \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (1.6)$$

Вирішуючи спільно цю систему, знайдемо ординату крапки В

$$\begin{aligned} y_B &= x_B \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v^2 \cos^2 \alpha}; \\ v &= \omega R = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}} R. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Отримаємо

$$y_B = x_B \operatorname{tg} \alpha - \frac{x^2}{2R \cos^3 \alpha} \quad (1.8)$$

Траєкторія руху куль у системі координат x_0y_0 (з початком у центрі окружності) описується рівнянням

$$x_1^2 + y_1^2 = R^2 \quad (1.9)$$

Як треба зі схеми (рис. 1.1.)

$$\begin{aligned}x_1 &= x_B - R \sin \alpha; \\ y_1 &= y_B - R \cos \alpha.\end{aligned}\tag{1.10}$$

Підставивши ці значення в попередній вираз, одержимо

$$x_B + y_B - 2Rx_B \sin \alpha - 2Ry_B \cos \alpha = 0\tag{1.11}$$

Після перетворень отримаємо

$$\frac{x_B^3}{4R \cos^4 \alpha} \left(\frac{x_B}{4R \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right) = 0\tag{1.12}$$

Корені $x_1 = x_2 = x_3$, що відповідають перетинанню параболи з окружністю в точці А (тобто на початку координат), дорівнюють нулю, тоді залишається вирішити рівняння

$$\frac{x_B}{4R \cos^2 \alpha} - \sin \alpha = 0,\tag{1.13}$$

звідки

$$x_B = 4R \cos^2 \alpha \sin \alpha\tag{1.14}$$

Тоді

$$y_B = -4R \sin^2 \alpha \cos \alpha\tag{1.15}$$

Найбільша енергія удару кулі буде при максимальній координаті y_B . Щоб визначити максимальну координату y_B , візьмемо першу похідну її функції

$$y' = 8R \sin \alpha \cos^2 \alpha - 4R \sin^3 \alpha = 4R \sin \alpha (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 0 \quad (1.16)$$

Очевидно, що α і R не дорівнюють нулю, тоді $2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0$
або

$$\begin{aligned} 2 - \operatorname{tg}^2 \alpha &= 0; \\ \operatorname{tg}^2 \alpha &= 2 \end{aligned} \quad (1.17)$$

Звідки одержимо, що найвигідніший кут відриву кулі $\alpha = 54^\circ 40'$.

Підставивши значення оптимального кута відриву і внутрішній радіус барабана розроблювального млина у формулу, знайдемо оптимальну кутову швидкість барабана, рад/с.

При $R = 1,924$ м, $\omega_{\text{опт}} = 1,715$ рад/с.

1.3 Визначення оптимального завантаження барабана

Координати точок відриву й падіння куль будуть різними для кожного шару куль, оскільки вони визначаються співвідношенням

$$\omega^2 R = g \cos \alpha \quad (1.18)$$

Або

$$\frac{R}{\cos \alpha} = \frac{g}{\omega^2} \quad (1.19)$$

Позначивши $\frac{g}{\omega^2} = 2\rho$, одержимо вираз

$$R = 2\rho \cos \alpha, \quad (1.20)$$

який є рівнянням окружності в полярних координатах. Отже, крива AA_1 є дугою окружності радіусом ρ , описаної з центра O_1 розташованого на вертикальному діаметрі перетину барабана, на відстані ρ від його центра. Геометричне місце точок падіння куль (точка В) визначається відповідним радіусом і кутом β . З рис. 1.1 видно, що

$$\sin \beta = \frac{y_1}{R} = \frac{4R \sin^2 \alpha \cos \alpha - R \cos \alpha}{R} \quad (1.21)$$

Перетворивши вираз, одержимо

$$\sin \beta = -(4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha) \quad (1.22)$$

Відомо, що $4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha = \cos 3\alpha$, тоді

$$\sin \beta = -\cos 3\alpha = \cos(180^\circ - 3\alpha) \quad (1.23)$$

Замінивши $\sin \beta$ через $\cos(-(90^\circ - \beta))$, одержимо

$$\cos(90^\circ - \beta) = \cos(180^\circ - 3\alpha), \quad (1.24)$$

Звідки

$$\beta = 3\alpha - 90^\circ \quad (1.25)$$

Величина кута α для кожного шару куль визначається з рівняння

$$\cos \alpha_i = \frac{R_i \omega^2}{g} \quad (1.26)$$

Так можна побудувати контур руху завантаження й визначити траєкторії руху куль. З аналізу схеми видно, що переповнювати млин кулями настільки нераціонально, як і не доповнювати. Практично кулі повинні займати 0,3-0,35 об'єму барабана.

Вибираємо для нашого млина об'єм мелючих куль рівним 0,3 об'єму барабана.

1.4 Розрахунок потужності двигуна

При роботі барабанних млинів енергія витрачається на підйом куль і надання їм кінетичної енергії, тому що після падіння куль їхня окружна швидкість дорівнює нулю і кулі доводиться втягувати в рух на кожному циклі.

Маса куль визначається по формулі, кг

$$m_{ш} = \varphi \mu \pi R^2 L, \quad (1.27)$$

де φ – коефіцієнт заповнення завантаженням барабана ($\varphi = 0,3$);

μ – коефіцієнт пустотілості завантаження ($\mu \approx 0,57$);

γ – щільність тіл, що мелють (для сталевих куль $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$);

L – довжина млина, м.

Для розрахункового млина

$$m_{ш} = 210954,906 \text{ кг.}$$

Масу матеріалу, що подрібнює, приймаємо рівної 0,14 від маси тіл, що мелють

$$m_{\text{и.мат}} = 29533,687 \text{ кг}$$

Тоді маса завантаження складе

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{ш}} + m_{\text{и.мат}} = 240488,593 \text{ кг}$$

Робота, затрачувана на підйом завантаження, Дж

$$A_1 = m_{\text{заг}} g y_B, \quad (1.28)$$

де $m_{\text{заг}}$ – маса завантаження, кг ;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

y_B – висота підйому куль, м.

Всі шари завантаження, що рухаються на своїх радіусах, заміняємо одним фіктивним шаром, що рухається на відстані радіуса інерції R_0 від центра млина

$$R_0 = \sqrt{\frac{R^2 + R_1^2}{2}}, \quad (1.29)$$

де R і R_1 – внутрішній радіус барабана й відстань від центра барабана до внутрішнього шару завантаження, відповідно. При ступені заповнення завантаженням барабана 0,3 можна прийняти $R_0 \approx 0.86R$.

$$R_0 = 1,655 \text{ м}$$

Тоді оптимальний кут підйому фіктивного шару, визначається з співвідношення

$$\cos \alpha_0 = \frac{R_0 \omega^2}{g} \quad (1.30)$$

з врахуванням, що $\omega_{\text{опт}} = \frac{2.38}{\sqrt{R}}$ складе

$$\cos \alpha_0 = \frac{2.38^2 \cdot 0.86}{g}$$

Звідси

$$\alpha_0 = 60^\circ 38'$$

Висота підйому куль

$$y_B = 4R_0 \sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_0 = 2,547 \text{ м} \quad (1.31)$$

Робота, затрачувана на підйом завантаження,

$$A_1 = 6003882,45 \text{ Дж}$$

Кінетична енергія, повідомлювана завантаженню

$$A_2 = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega_0^2 R_0^2}{2} = \frac{m}{2} \left(\sqrt{\frac{g \cos \alpha_0}{R_0}} \right)^2 R_0^2 = \frac{mg \cos \alpha_0 R_0}{2} = 1125727,448 \text{ Дж} \quad (1.32)$$

Сумарна робота, затрачувана на один цикл руху завантаження

$$A = A_1 + A_2 = 7129610,407 \text{ Дж} \quad (1.33)$$

За один оберт барабана, завантаження робить кілька циркуляцій.

Тривалість однієї циркуляції складається з часу t_1 , затрачуваного на рух куль по круговій частині траєкторії, і часу t_2 , необхідного для руху по параболі:

$$t = t_1 + t_2 \quad (1.34)$$

Кут Θ_0 , що відповідає проходженню кулі по параболі, при розгляді руху на фіктивному радіусі R_0 буде дорівнювати

$$\Theta_0 = \alpha_0 + 90^\circ + \beta_0 \quad (1.35)$$

З огляду на те, що $\beta_0 = 3\alpha_0 - 90^\circ$, одержимо

$$\Theta_0 = 4\alpha_0 = 240^\circ 55' \quad (1.36)$$

Кут Θ_2 , що відповідає дузі, по якій кулі рухаються по окружності, складе

$$\Theta_2 = 360^\circ - 4\alpha_0 = 119^\circ 05' \quad (1.37)$$

При частоті обертання n об/хв і $\alpha_0 = 60^\circ 38'$ год

$$t_1 = \frac{1}{n} \cdot \frac{360^\circ - 4\alpha_0}{360^\circ} = 0,02 \text{ хв} \quad (1.38)$$

Час руху по параболі $t_2(c)$

$$t_2 = \frac{x_B}{v \cos \alpha_2} = \frac{4R_0 \sin \alpha_0 \cos^2 \alpha_0}{2\pi R_0 n \cos \alpha_0} = 0,016 \text{ хв} \quad (1.39)$$

Сумарний час однієї циркуляції

$$t = t_1 + t_2 = 0,036 \text{ хв} \quad (1.40)$$

$$z = \frac{1}{n \cdot t} = 1.652$$

Потужність двигуна привода барабанного млина

$$N = \frac{A\omega_{\text{опт}}z}{2\pi 1000\eta} = 3782,934 \text{ кВт} \quad (1.41)$$

де $\omega_{\text{опт}}$ – оптимальна кутова швидкість, рад/с;

η – к. п. д. привода $\eta = 0,85$;

A – сумарна робота, затрачена на один цикл руху завантаження, Дж.

1.5 Розрахунок продуктивності

Продуктивність барабанних млинів, і зокрема трубних, залежить від багатьох факторів: конструкції млина, складу й вигляду тіл, що мелють, властивостей подрібненого матеріалу, виду подрібнення, тонкості здрібнювання й т.д.

Врахувати з достатньою точністю ці фактори не представляється можливим. Тому після знаходження основних параметрів млина продуктивність (т/год) рекомендується визначати по емпіричних формулах, наприклад, по формулі ВНІЩеммаша

$$\Pi = 6,45V\sqrt{D}\left(\frac{m_{\text{ш}}}{V}\right)^{0,8} qk \quad (1.42)$$

де D – діаметр млина «у світлі», м;

$m_{ш}$ – маса що мелють, тл, т;

V – робочий об'єм млина, m^3 ;

q – питома продуктивність млина в т на 1 квт/год корисній потужності; для клінкера $q = 0,035- 0,04$; для вапняку $q = 0,045$;

k – поправочний коефіцієнт на тонкість подрібнення, значення якого наведені нижче:

Залишок в % на ситі № 008	2	3	4	5	6	7	10	12	15	20
k	0,59	0,65	0,71	0,77	0,82	0,86	1,0	1,09	1,21	1,42

Для розроблювального млина $\Pi=97,512$ т/год.

2. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

На міцність розраховуються основні деталі млина, до яких відносяться барабан (корпус) млина, болти, що з'єднують корпус з днищами, деталі приводного пристрою.

Такі деталі млинів, як барабан, цапфи й ін., випробовують на вплив як статичних так і динамічних навантажень, викликаних масою тіл, відцентровими силами. Усе це на ряді з абразивною дією матеріалу, що подрібнюється, вимагає обліку при виборі запасів міцності і якості матеріалу.

Вхідні дані:

Внутрішній діаметр барабана, м	$D_0=4$
Довжина барабана, м	$L_0=13,5$
Товщина обичайки барабана, м	$\delta = 0,05$
Число обертів млина, об/хв	$N=16,667$
Ступінь розвантаження тілами, що мелють	$\varphi = 0,3$
Середня насипна вага тіл, що мелють, кН/м^3	$\gamma = 45,6$
Середній розмір часток до подрібнення, мм	$d_n=12$
Середній розмір часток після подрібнення, мкм	$d_k=12$
Відстань між осями підшипників, м	$L = 14,7$
Маса кульового завантаження, т	$m_{\text{ш}} = 210$
Маса корпусу з футеровкою, загрузочною та розвантажувальною частинами і діафрагмою, т	$m_k = 202437$

2.1 Розрахунок барабана млина

Розглянемо метод розрахунку на міцність корпусу млина й болтів, що з'єднують фланці (днища) з корпусом. Барабан млина розглядається як балка кільцевого перетину, навантажена згинаючим і крутним моментами. Згинаючі

навантаження на корпус млина створюються статичними й інерційними силами. Схема сил, що діють на корпус млина, показана на рис. 2.1.

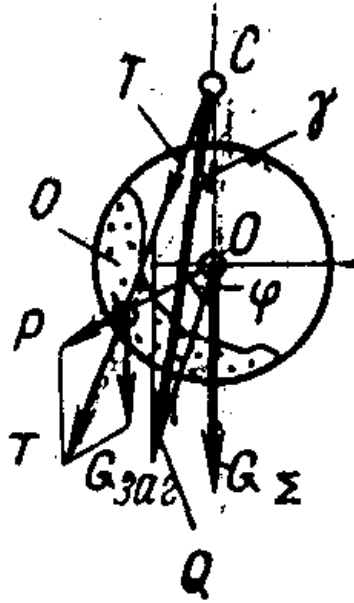


Рисунок 2.1 – Схема сил, що діють на корпус млина

Статичні навантаження в Н створюються силами ваги обертових частин млина G_{Σ} і завантаження $G_{\text{заг.}}$ контактуючої в цей момент з корпусом

$$G_{\Sigma} = G_1 + G_2 + G_3, \quad (2.1)$$

де , G_1 , G_2 , і G_3 – сили тяжіння корпусу з футеровкою, фланців і діафрагм, відповідно.

Для розглянутої конструкції

$$G_{\Sigma} = m_k \cdot 9,81 = 1985911,2 \text{ Н}$$

Сила тяжіння маси завантаження, Н

$$G_{\text{заг.}} = (G_{\text{ш}} + G_{\text{м}}) K_{\text{ч}} = K_{\text{ч}} \cdot g \cdot m_{\text{заг.}}, \quad (2.2)$$

де $G_{ш}$ – сила тяжіння куль, Н;

G_m – сила тяжіння матеріалу, що подрібнюється, Н;

$K_{ч}$ – коефіцієнт, що враховує, яка частина завантаження в цей момент рухається по круговій траєкторії.

Величина цього коефіцієнта дорівнює відношенню часу руху куль по круговій траєкторії до часу циклу:

$$K_{ч} = 0,547$$

Тоді $G_{заг}=1288220,275$ Н.

Розмір шарів, що завантажуються у барабан, залежить від розміру часток подрібнюваного матеріалу і готового продукту, та може бути визначений за емпіричним співвідношенням (формула В.А. Олевського):

$$d_{ш} = 4,8(\lg d_{к})\sqrt{d_{н}} \quad (2.3)$$

$$d_{ш} = 4,8(\lg 90)\sqrt{12} \approx 32 \text{ мм}$$

Центробіжна сила інерції маси завантаження, що рухається по круговій траєкторії, Н

$$P = K_{ч} \cdot m_{заг} \cdot \omega^2 \cdot R = 433709,877 \quad (2.4)$$

Точка прикладення сил $G_{заг}$ і P визначається радіусом інерції завантаження $R_0 \approx 0,866R$ (де R – внутрішній радіус барабана) і кутом

$$\varphi = \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 62^\circ 38' \quad (2.5)$$

Рівнодіючих сил $G_{заг}$ і P (див. рис. 2) в Н

$$T = \sqrt{P^2 + G_{\text{заг}}^2 - 2PG_{\text{заг}} \cos(180 - \varphi)} = 1536651,619 \quad (2.6)$$

Кут між силами знаходимо по теоремі синусів

$$\gamma = \arccos\left(\frac{G_{\text{заг}} + P \cos \varphi}{T}\right) = 14^\circ 31' \quad (2.7)$$

Рівнодіючих сил T и G_{Σ} , прикладена, у точці C ,

$$Q = \sqrt{T^2 + G_{\Sigma}^2 - 2TG_{\Sigma} \cos(180 - \gamma)} = 3494632,386 \text{ Н} \quad (2.8)$$

Інтенсивність розподіленого навантаження, що діє на корпус млина в площині рівнодіючої Q , Н/м

$$q = \frac{Q}{l} = 213608,337 \quad (2.9)$$

Максимальний згинальний момент, Н·м

$$M_n = \frac{ql^2}{8} = \frac{Ql}{8} = 7146523,23 \quad (2.10)$$

де l - відстань між підшипниками, м.

На ділянці від муфти до першого (з боку муфти) підшипника діє повний крутний момент, що підводиться до барабана, Н·м

$$M_{0кр} = \frac{1000N}{\omega} = 2115265,002$$

де N – потужність, що підводиться до валу млина, кВт;

ω – кутова швидкість, рад/с.

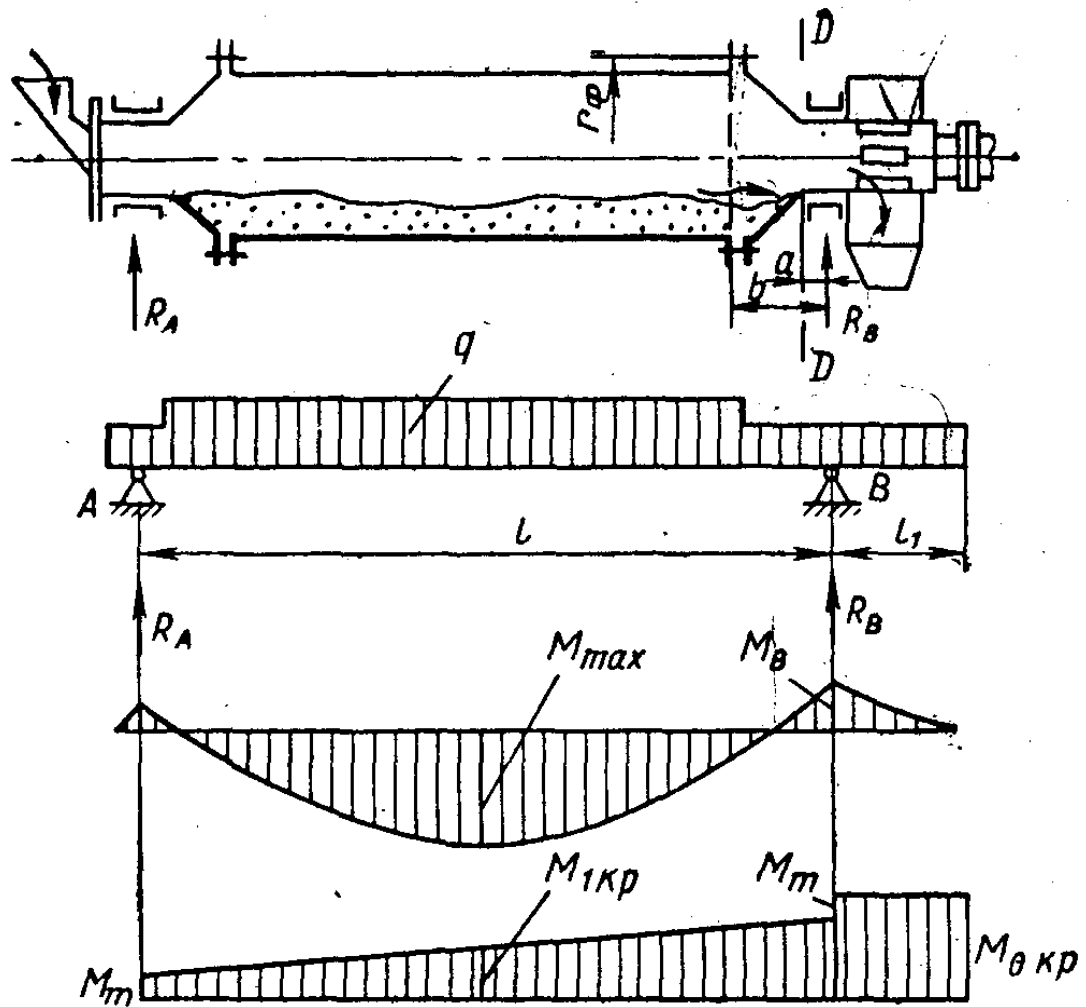


Рисунок 2.2 Схема до розрахунку барабанного млина на міцність

Внаслідок тертя в підшипнику крутний момент (Н·м) зменшується на величину

$$M_T = R_B \mu r_{\text{ц}}, \quad (2.11)$$

де R_B – навантаження на підшипник, Н;

μ – коефіцієнт тертя в підшипнику;

$r_{\text{ц}}$ – радіус цапфи, м.

По довжині корпусу млина крутний момент змінюється по похилій прямій до величини M_T у лівому підшипнику.

Найнебезпечніший перетин буде посередині прольоту, де наведений момент, Н·м

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{н}}^2 + M_{\text{окр}}^2} = 7452995,391 \quad (2.12)$$

Напруги в цьому перетині, Н/м²

$$\sigma = \frac{M_{\text{пр}}}{kW} \quad (2.13)$$

де $k \approx 0,8$ - коефіцієнт, що враховує ослаблення перетину барабана вирізами й отворами для болтів;

W – момент опору корпусу, м³, визначається по формулі

$$W = \frac{R_{\text{н}}^4 - R_{\text{в}}^4}{R_{\text{н}}} = 1,898 \quad (2.14)$$

де $R_{\text{н}}$ і $R_{\text{в}}$ – зовнішній і внутрішній діаметри корпусу.

Тоді

$$\sigma = 4907695.383 \approx 4,9 \text{ МПа} \quad (2.15)$$

2.2 Розрахунок корінних підшипників

Розрахунок підшипника по характеристиці PV

Максимальна опорна реакція:

$$R_{\text{max}} = R_{\text{в}} = 1387 \text{ кН} \quad (2.16)$$

Діаметр цапфи: $d_{\text{ц}} = 1,8\text{м}$.

Робоча довжина підшипника $l = 0,8\text{м}$.

Кут контакту $2\beta = 120^\circ$.

Матеріал підшипника бабіт Б6.

Питомий тиск визначаємо по формулі:

$$P = \frac{R_{\text{max}}}{l \cdot d_{\text{ц}} \cdot \sin \beta} = \frac{1387 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 1,8 \cdot 0,866} = 1,12 \text{МПа} \quad (2.17)$$

Окружна швидкість цапфи:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}} \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 1,8 \cdot 15,9}{60} = 1,5 \text{м/с} \quad (2.18)$$

Добуток “PV”

$$PV = 1,48 \cdot 1,5 = 2,22 \text{МПа} \cdot \text{м/с} \quad (2.19)$$

Для бабіту Б6 граничне значення

$$\begin{aligned} [P] &= 5 \text{МПа} \\ [v] &= 6 \text{м/с} \\ [PV] &= 5 \text{МПа} \cdot \text{м/с} \end{aligned} \quad (2.20)$$

2.3 Розрахунок системи гідропідпору підшипника

Система гідропідпору служить для створення умов рідинного тертя в період пуску й зупинки млина, що знижує потужність приводу (при пуску) і зменшує знос вкладиша (підшипника) млина. Насос високого тиску подає мастило в карман вкладиша підшипника.

Піднімальна сила, що діє на цапфу з боку вкладиша, дорівнює сумі сил, що діють над площею карманів та над опорними площадками.

Позначимо розрахунковий тиск у системі гідро підпору як P_1 .

Тоді, так як тиск над площадками змінюється від P_1 по контуру карманів до нуля, то середній тиск можна прийняти рівним $0,5 P_1$.

Приймаємо, що мастило з підшипників буде витікати по шляху найменшого опору, тобто вздовж осі в обидва боки.

З умови рівноваги цапфи:

$$Q = P_1 \cdot l_1 \cdot b_1 + 2 \left(0,5 P_1 \cdot \frac{b - b_1}{2} \cdot l_1 \right) \quad (2.21)$$

де $Q = R_{\max} = 1387 \text{ кН}$ - максимальна реакція опори.

$b = 0,75 \text{ м}$, $b_1 = 0,06 \text{ м}$, $l_1 = 0,8 \text{ м}$ - довжини ділянок

Звідси

$$P_1 = \frac{Q}{l_1 \cdot (b_1 + 0,5(b - b_1))} = \frac{2Q}{(b - b_1) \cdot l_1}, \quad (2.22)$$

$$P_1 = \frac{2 \cdot 1387 \cdot 10^{-3}}{(0,75 - 0,06) \cdot 0,8} = 2,51 \text{ МПа}$$

Для вибору гідроапаратури обчислене значення P_1 збільшується в 1,5 рази.

Приблизно на цей тиск випробовують систему гідропідпору.

Тоді $P_1 = 1,5 P_1 = 1,5 \cdot 2,51 = 3,765 \text{ МПа}$

Приймаємо $P_1 = 4 \text{ МПа}$

Питомий тиск на підшипник:

$$P = \frac{R_{\max}}{F} = \frac{1387 \cdot 10^{-3}}{1,156} = 1,19 \text{ МПа} \quad (2.23)$$

$$\text{де } F = b \cdot l - b_1 - l_1 = 0,7 \cdot 1,72 - 0,06 \cdot 0,8 = 1,156 \text{ м}^2$$

Визначимо найменшу товщину масляного шару в підшипнику.

Визначимо допоміжну величину “ K_0 ”.

$$K_0 = \frac{P}{\mu \cdot \omega} \cdot \left(\frac{\Delta}{d} \right)^2, \quad (2.24)$$

$$\text{де } \omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 15,9}{30} = 1,73 \text{ с}^{-1} \text{ -кутова швидкість цапфи.}$$

D – діаметральний зазор у підшипнику.

Приймається мастило ИРП-75 (ТУ 38101286-75), для якого середнє значення

$$\mu = 0,04 \text{ Па} \cdot \text{с} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ МПа} \cdot \text{с} \quad (2.25)$$

Для діаметра $d = 1800 \text{ мм}$ та посадці $\frac{H_8}{l_8}$ мінімальний діаметральний зазор складає $\Delta = 0,26 \text{ мм}$. Тоді по формулі

$$K_0 = \frac{1,19}{4 \cdot 10^{-8} \cdot 1,73} \left(\frac{0,26}{1800} \right)^2 = 0,25 \quad (2.26)$$

При

$$b/d = 750/1800 = 0,38, \quad K_0 = 0,25 \quad (2.27)$$

Коефіцієнт K_h приймаємо $K_h = 0,25$.

Найменша товщина масляного шару в підшипнику

$$h_{\min} = K_h \cdot \Delta = 0,25 \cdot 0,26 = 0,065 \text{ мм} \quad (2.28)$$

На випадок непередбаченого перевантаження однієї з опор (наприклад, при нерівномірному засипанні куль у млин) призначаємо висоту гідропідпору в 1,5 рази більше, тобто

$$h = 1,5 \cdot h_{\min} = 1,5 \cdot 0,065 = 0,1 \text{ мм} \quad (2.29)$$

2.4 Розрахунок на міцність цапфи млина

Як показала практика експлуатації кульових млинів, небезпечним перетином днищ є місце переходу циліндричної частини (цапфи) у конічну (власне днище), де можуть бути сховані ливарні пороки.

Вигинаючий момент у перетині А-А дорівнює

$$\begin{aligned} M_{32} = R_B \cdot x - \frac{q_3 \cdot l_5^2}{2} - q_3 \cdot l_5 \cdot x - \frac{q_3 \cdot x^2}{2} &= 1387 \cdot 0,2 - \frac{131,8 \cdot 1^2}{2} - \\ &- 131,8 \cdot 1 \cdot 0,2 - \frac{131,8 \cdot 0,2^2}{2} = 182,5 \text{ кН} \end{aligned} \quad (2.30)$$

Приведений момент $M_{\text{пр}}$ визначається з рівняння

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{32}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{182,5^2 + 1849,7^2} = 1856 \text{ кНм} \quad (2.31)$$

Напруга від вигину цапфи буде дорівнювати

$$\sigma_{32} \frac{M_{\text{пр}}}{W} = \frac{1856000}{0,219} = 8474885,85 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 8,47 \text{ МПа} \quad (2.32)$$

де W – момент опору вигину;

$$W = 0,8 \frac{R_3^4 - R_b^4}{R_3} = 0,8 \frac{0,9^4 - 0,8^4}{0,9} = 0,219 \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

де R_3 – зовнішній діаметр цапфи, м;

R_b – внутрішній діаметр цапфи, м.

При розрахунку цапфи напруга, що допускається, приймається не вище 20 МПа.

2.5 Розрахунки, які підтверджують працездатність машини

Як розрахунок, що підтверджує працездатність машини приведемо розрахунок довговічності підшипників редуктора додаткового привода.

У редукторі встановлені підшипники з короткими циліндричними роликами, тому формула визначення еквівалентного навантаження P буде мати такий вигляд:

$$F = V \cdot R \cdot K_6 \cdot K_T \quad (2.34)$$

де V – коефіцієнт обертання кільця підшипника; $V=1$, тому що обертається внутрішнє кільце.

R – навантаження на підшипник, Н

K_6 – коефіцієнт безпеки; $K_6=1,5$

K_T – температурний коефіцієнт; $K_T=1$

Розрахункова довговічність L визначається по формулі:

$$L = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p}{60 \cdot n}, \quad (2.35)$$

де C – динамічна вантажопідйомність, Н

p – показник степеню; $p=10/3$

n – частота обертання, об/хв; $n=500$ об/хв

Визначимо величину еквівалентного навантаження і розрахункову довговічність L_h для підшипників вхідного валу.

Підшипники вхідного валу

Тип-2328 середня серія діаметрів, $C=385000$ Н

Навантаження на підшипник $R_1=70000$ Н

Підставляючи дане значення в формулу отримаємо:

$$F_1 = 1 \cdot 70000 \cdot 1,5 \cdot 1 = 105000 \text{ Н} \quad (2.36)$$

Визначимо величину довговічності підшипника L , по формулі:

$$L = \frac{10^6 \cdot \left(\frac{385000}{105000} \right)^{10/3}}{60 \cdot 500} = 25800 \text{ год} \quad (2.37)$$

Приймаємо $L=26000$ годин

Для проведення вищеписаних розрахунків (за виключенням розрахунків корінних підшипників, цапфи млина та працездатність машини) була створена програма в оболонці MathCad, текст якої наведений у Додатках.

3 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТРУБНОГО МЛИНА ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

У розділі виконані розрахунки напружено-деформованого стану модернізованої конструкції трубного млина, наведеної на кресленні ЛП71мп.123122.003-70СК. Розрахунки НДС конструкції млина проводились з використанням методу скінчених елементів в системі «Ansys». Файл первинної геометрії створювався в САД системі SolidWorks (рис. 3.1).

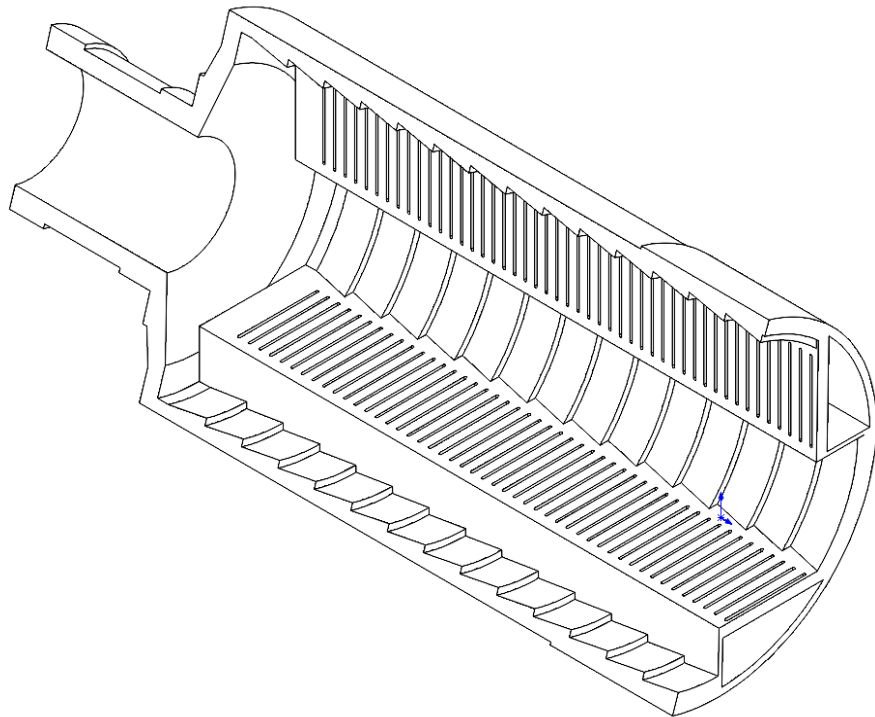


Рисунок 3.1 – Файл первинної геометрії в SolidWorks для «Ansys»

Розрахункові дані:

Довжина	13500 мм
Діаметр барабана	4000 мм
Відстань між опорами	16350 мм

Схема силового навантаження млина показана на рис. 3.2.

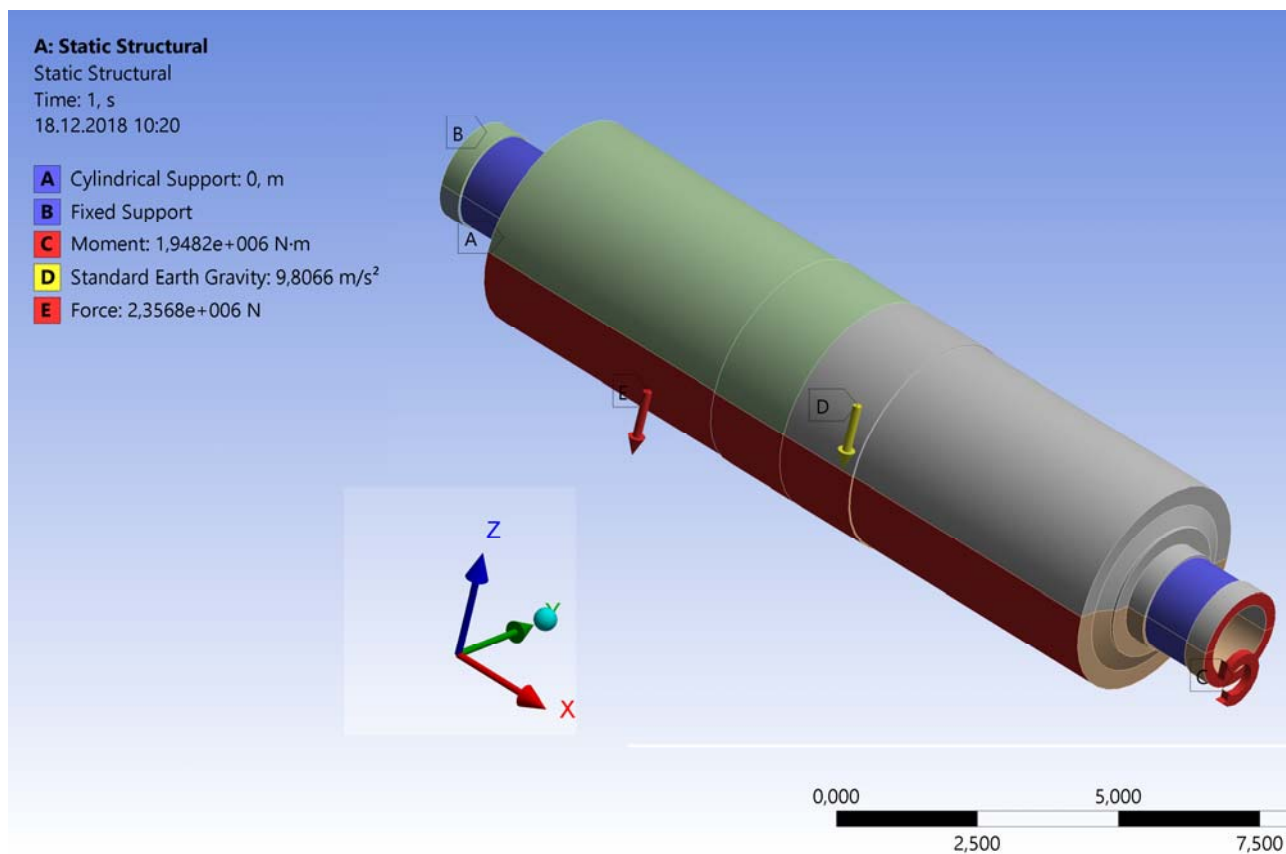


Рисунок 3.2 – Схема силового навантаження млина

Результати розрахунків наведені на рис. 3.3 - 3.9.

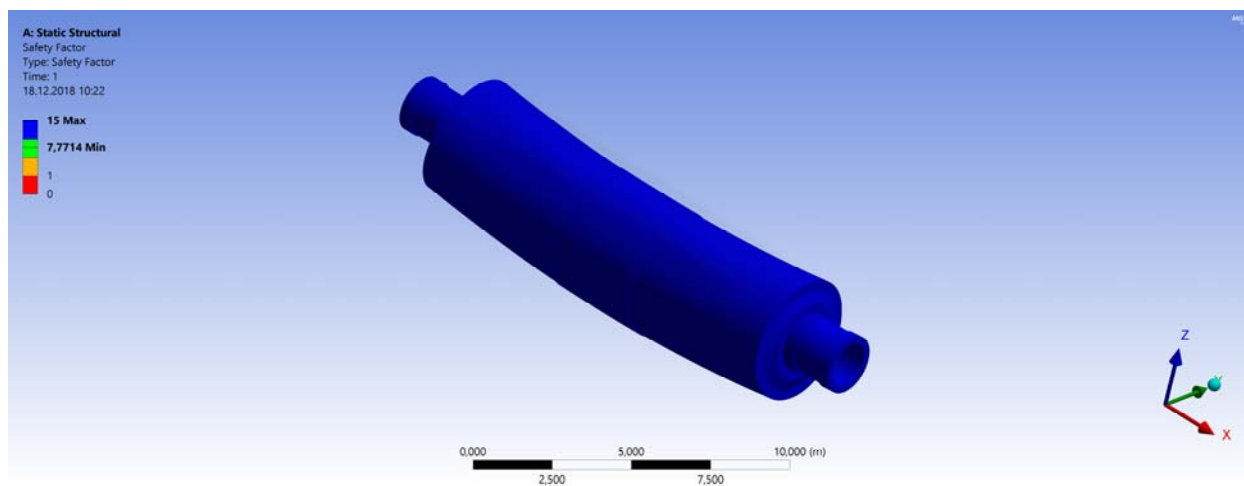


Рисунок 3.3 – Поле запасу міцності конструкції

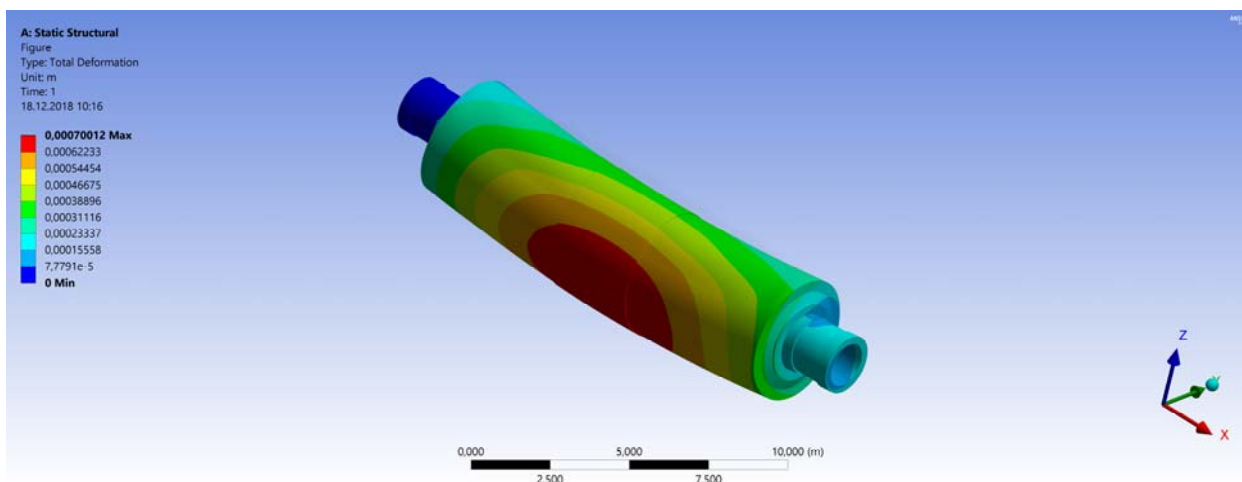


Рисунок 3.4 – Поле переміщень

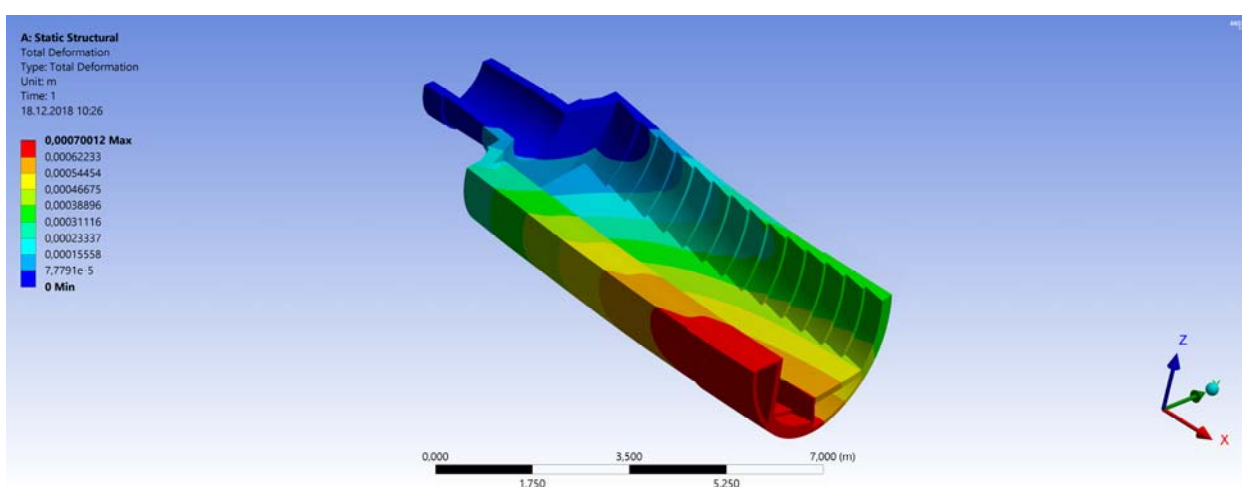


Рисунок 3.5 – Поле переміщень (половина конструкції)

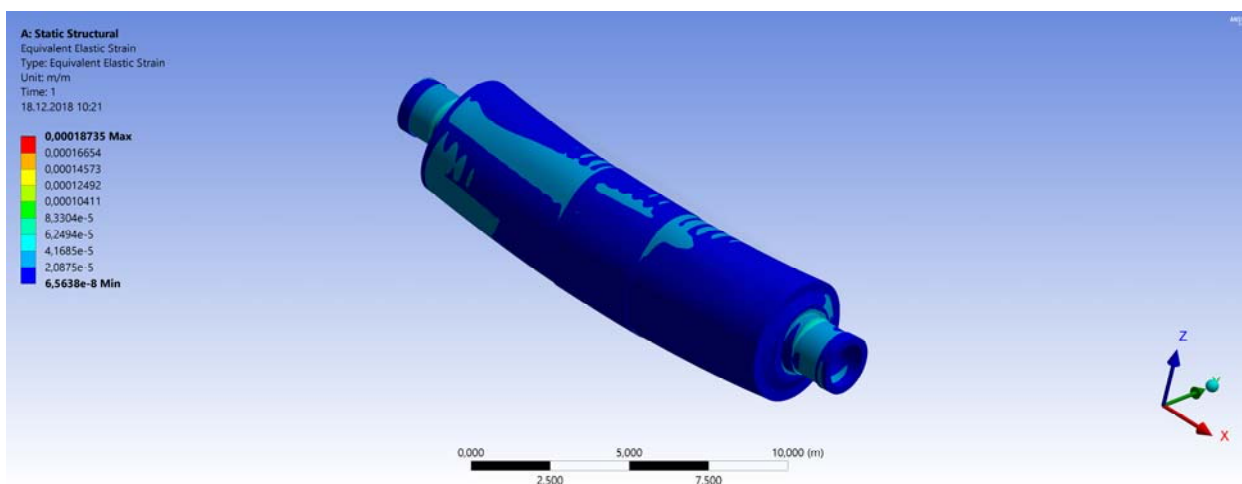


Рисунок 3.6 – Поле еквівалентних деформацій

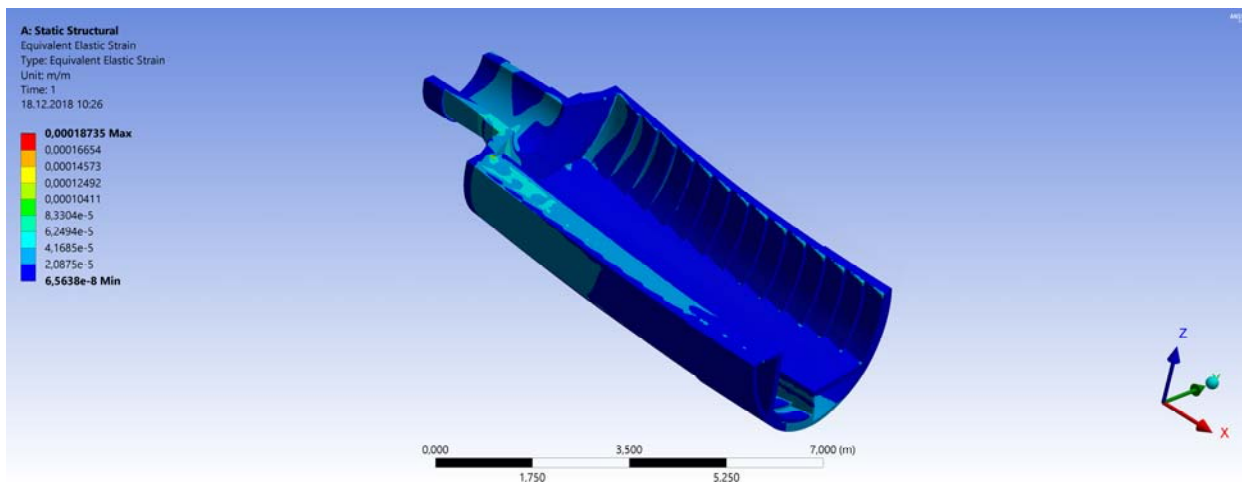


Рисунок 3.7 – Поле еквівалентних деформацій (половина конструкції)

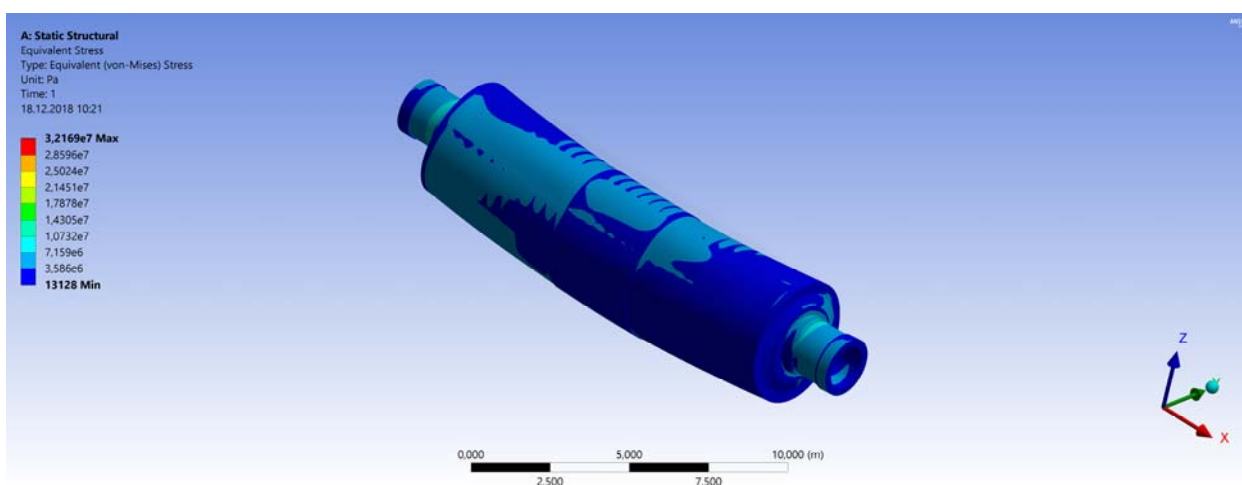


Рисунок 3.8 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом (половина конструкції)

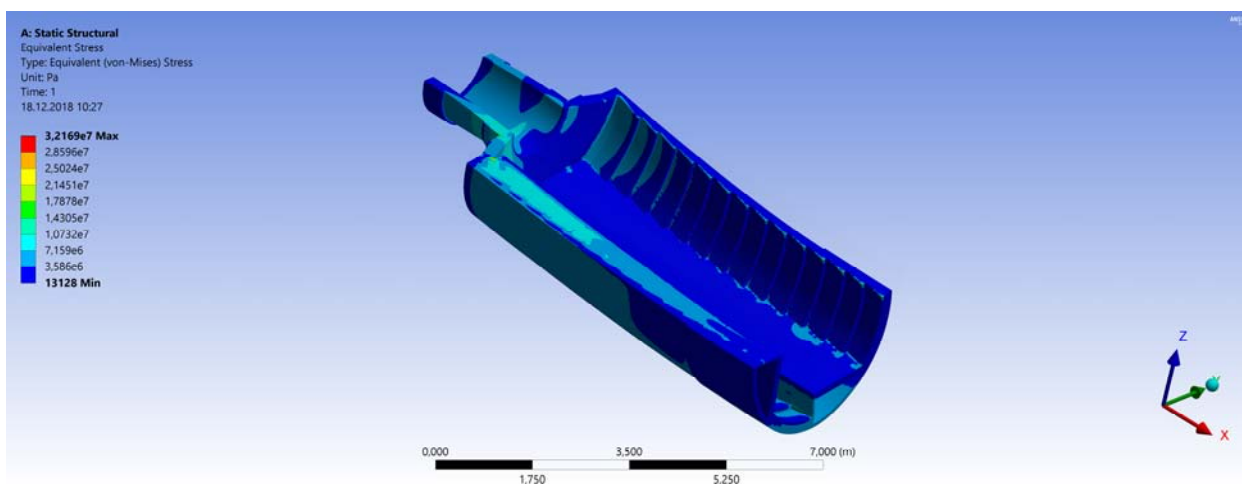


Рисунок 3.9 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

Еквівалентне напруження (напруження по Мізесу) обчислюється за формулою

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2)} \quad (3.1)$$

За даними системи «Ansys», еквівалентне напруження моделі дорівнює 32,17 МПа, що з урахуванням коефіцієнта запасу міцності, який враховує циклічні навантаження ($n = 4$), є меншим за допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{0,435 \cdot 320}{4} = 34,8 \text{ МПа}$$

А отже конструкцію можна вважати працездатною.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розрахунки основних процесів машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Норіта - плюс, 2007 – 216 с.
2. Вибір електродвигуна, кінематичний та силовий розрахунок механічного приводу, розрахунок і конструювання передач гнучкою в'яззю: Метод. вказівки до викон. розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання / Уклад.: В. А. Стадник, В.Г. Шарапов, В.Л. Дубнюк.. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004 – 60 с.
3. Расчет и конструирование элементов деталей машин. Учебно - методическое пособие / Тихонов С.И., Муравьев А.Е. – Псков: - ППИ, 2005 – 67 с.
4. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплинам "Детали машин и основы конструирования", "Прикладная механика" / Сост.: Ю.Е. Филатов – Иваново: РИО ГОУ ВПО ИГЭУ, 1988 – 77 с.
5. О.С. Сахаров, В.Ю. Щербина «Автоматизований розрахунок і конструювання обертових теплових агрегатів барабанного типу з орієнтуванням на САПР» Київ УМК В 1988
6. Сапожников С.А. «Механічне обладнання підприємств будівельних матеріалів»
7. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. - 415 с.